الإضـــاءة وتوفيـرالطـاقــة

Lighting and Energy Saving

دكتور مهندس

كاميليا يوسف محمد



مراجعة

دكتورمهندس

محمد صلاح السبكي

الإضاءة
وتوفير الطاقة

Lighting and Energy Saving

دكتور مهندس
كاميليا يوسف محمد

مراجعة
دكتور مهندس
محمد صلاح السبكي

الطبعه الاولى فبراير ١٩٩٦
الطبعه الثانية اكتوبر ١٩٩٨

تصميم الغلاف
م. / أحمد طه هاشم

بسم الله الرحمن الرحيم

اللَّهُ نُورُ السَمواتِ والأرضِ

صدق الله العظيم

(سورة النور)



بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

لما كانت حاجة المستهلك الدائمة الى وسائل اضاءة أكثر كفاءة وأقل استهلاكاً للطاقة ونتيجة لتقدم تكنولوچيا الإضاءة كان التفكير فى وضع كتاب «الإضاءة وتوفير الطاقة» باللغة العربية ليكون دليلاً لزملائى المهندسين والفنيين والمهتمين بهذا المجال وأرجو من الله أن أكون قد وفقت فى توصيل هذه المعلومات .

يشتمل الكتاب على الأبواب التالية :
الكميات والوحدات ـ الضوء ـ أنواع مصادر الإضاءة ـ الخواص اللونية ـ المعتام ـ الإضاءة الغامرة ـ إضاءة الطرق ـ تصميم الإضاءة ـ قياس الضوء ـ تحسين معامل القدرة ـ المصابيح الموفرة للطاقة ـ كابحات التيار الموفرة للطاقة ـ تكاليف الإضاءة ....

ولا يفوتنى أن أتقدم بخالص الشكر للسيد المهندس / أحمد مصطفى المفتى رئيس مجلس الإدارة والعضو المنتدب بإسمى وإسم المهندسين والفنيين الذين إستفادوا من مجموعة الكتب التى صدرت باللغة العربية وعلى إستمرار تشجيع سيادته الدائم للبحث العلمى .

كما أشكر دار الجامعيين التى قامت بجهد كبير فى طباعة وإخراج هذا الكتاب على هذا الوجه المشرف .

وأدعو الله أن يستفيد من هذا الكتاب جموع المهندسين والفنيين المهتمين بهذا العلم .

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين وصلى اللهم على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم .

الاسكندرية فى فبراير ١٩٩٦

د . / كاميليا يوسف محمد

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

على مدى العصور المتلاحقة مثلت الإضاءة أحد العوامل الهامة والمؤثرة على الحياة الإنسانية وتطورها بصورة مباشرة ولقد إعتمد الإنسان وغيره من المخلوقات بصورة أساسية على الاضاءة الطبيعية التى أنعم بها الله سبحانه وتعالى علينا بها نهاراً وليلاً . ثم إكتسب الإنسان المقدرة على الحصول على الإضاءة والتحكم فيها من مصادر أخرى سخرها له الله وذلك عن طريق المواد القابلة للاشتعال وحرق الوقود الحفرى بصوره المختلفة وذلك حتى إكتشاف الكهرباء ، والتى إستطاع الانسان أن يطوعها للعديد من إستخداماته ومن أهمها الحصول على مصدر كهربائى للإضاءة . وأصبحت الإضاءة الكهربائية أهم مصدر للإضاءة بجانب الاضاءة الطبيعية . وتمثل الانواع المختلفة لمعدات ومكونات وحدات الاضاءة عناصر هامة جداً فى تحديد مستوى تحميل شبكات القوى الكهربائية ومستوى أداؤها وجودتها .

ولقد أظهرت الاحصائيات الكهربائية الأخيرة لجمهورية مصر العربية أن مجموع استهلاكات الإضاءة قد تعدت العشرون بالمائة من إجمالى الاستهلاك الكلى على مستوى الجمهورية . ولقد بلغت إستهلاكات الإنارة فى القطاع الصناعى نسب تصل إلى عشرة بالمائة من إستهلاك المصانع ، أما فى المجال التجارى فقد وصلت إستهلاكات الإنارة إلى ستون بالمائة من إستهلاك الطاقة الكهربائية فى هذا القطاع وللقطاع المنزلى فقد تخطت إستهلاكات الإنارة نسبة الخمسة وأربعون بالمائة من مجموع الإستهلاكات الطاقة الكهربائية المنزلية .

وبالنسبة لهذا القطاع المنزلى فقد بينت الإحصائيات أن نسبة إستهلاك الإنارة تصل إلى ثمانين بالمائة للمستهلكين الذين يبلغ إستهلاكهم مائة كيلو وات ساعة شهرياً ، وتقل هذه النسبة تدريجياً كلما زاد الاستهلاك الشهرى حتى تصل إلى عشرون بالمائة للمستهلكين الذين يتعدى إستهلاكهم الخمسة مائة كيلو وات ساعة شهرياً ، وتبرز هذه الأرقام أهمية الإضاءة لحياتنا اليومية

وضرورة الإهتمام بإستخدامها بصورة مناسبة وفعالة عن طريق إتباع الطرق المثلى لنظم التصميم واختيار المصابيح والمعدات المصاحبة لها بما يضمن مستوى إضاءة مناسب من النواحى الفنية والجمالية وكذا التأكيد على ضرورة إدخال العنصر الاقتصادى كأحد معايير الاختيار عند تحديد منظومة الاضاءة بما يضمن إستهلاكات وتكاليف منخفضة تعود بالفائدة على كلا من المستهلك والمنتج للطاقة الكهربائية . ولقد أوضح الكتاب الذى بين أيدينا اليوم العديد من النواحى الفنية والمالية لمعاونة مصممى منظومات الإضاءة فى دراستهم وتطبيقاتهم .

ويشمل الكتاب على عدد من الجوانب المختلفة لهندسة الاضاءة ومعداتها حيث نتعرف على أساسيات الضوء ووحداته والانواع المختلفة للمصابيح واستخداماتها ويتضمن الكتاب شرحاً لأسس تصميمات الإضاءة الداخلة والخارجية ويقدم عدد من الأمثلة التى تبين كيفية القيام بهذه التصميمات كما نتعرف من خلال الكتاب على المعدات والمهمات المصاحبة لنظم الإضاءة كالكشافات وأجهزة التشغيل الحديثة لإستخدامات المصابيح عالية الكفاءة والكوابح الالكترونية وآثارها على الخفض من إستهلاك الطاقة والجدوى الفنية والمالية المقترنة بذلك . والكتاب يقدم العديد من الأدوات المفيدة والتى تخدم العاملين فى مجال هندسة الاضاءة سواء دارسين أومصممين أو منفذين .

ولقد تشرفت بدعوتى لمراجعة هذا الكتاب والتعاون لإخراجه إلى حيز الضوء وأرجو أن يكون جهدى المتواضع قد ساهم بعض الشىء فى هذا العمل بجانب الجهود الزاخرة والمتميزة لكاتبة هذا الكتاب ولشركة توزيع كهرباء الاسكندرية التى تقدم خدمة جليلة للعاملين فى مجال القوى الكهربائية بتبنيها هذه السلسلة من الإصدارات العلمية والعملية والتى تفيد كافة العاملين والمهتمين فى هذا المجال .

والله الموفق ،،،

رمضان ١٤١٦ ـ فبراير ١٩٩٦

دكتور مهندس
محمد صلاح السبكى
كلية الهندسة ـ جامعة القاهرة
وعضو المشروع القومى لترشيد الطاقة وحماية البيئة

نبذة عن تاريخ انتاج المصابيح

كان النوع الزيتى اول مصابيح استخدمت للاضاءه فى العصرالرومانى منذ حوالى مائة عام قبل الميلاد .

ويذكر ان شوارع الولايات المتحدة الامريكية من اوائل من اضيئت بالمصابيح الزيتية ولكن لم يسجل متى ؟ واين ؟ استخدمت لاول مرة .

اكتشف السير همفرى ديفى عام *1808* اثناء اجراء تجارب على الظواهر الكهروكيميائية ، باستخدام التيار الكهربى ، وجود شرارة دقيقة جداً تحدث عند تقريب سلكين ، بينهما مسافة صغيرة جداً ، موصلين بقطبى بطارية ، وان هذا التأثير يزيد باستخدام معادن مختلفة وقد وجد ان الكربون يحدث نتيجة جيدة ، وتمكن من الحصول على شرارة قوس كهربى باستخدام الكربون بطول لهب حوالى *2.5* بوصة .

ثم استخدمت المصابيح المملوءة بالغاز *(Gas Lamps)* وانشئت فى عام *1816* بالولايات المتحدة شركة لغاز الاضاءة *(Gas Light Company Of Baltimore)* لتصنيع الغاز المستخدم فى اضاءة الشوارع ، وتعتبر باريس ايضاً من اقدم المدن التى اضيئت شوارعها .

اجريت تجارب متعددة فى الفترة *1849 - 1848* لتطوير مصابيح القوس الكهربى الكربونية بواسطة كل من ستيتى *(WE. Staite)* وبيتر *(W. Petrie)* واستخدمت لاضاءة بوابة المتحف البريطانى بمدينة لندن فى نوفمبر *1848* وكان من عيوبها ارتفاع اسعار البطاريات التى تشغلها .

فى الفترة *1856 - 1870* امكن للبروفيسور هولمز *(F.H. Holmes)* أضاءة بعض المنازل بمدينة لندن بمصابيح القوس الكربونية باستخدام مولدات كهرومغناطيسية تدار بالبخار .

وفى عام *1875* تم إضاءة منطقة محطة قطار الشمال *(Gare du Nord)* بمدينة باريس باستخدام مصابيح القوس الكهربى .

وفى حوالى عام *1876* اخترع الضابط الروسى جابلوشكوف *(P. Jablochkoff)* والذى كان يعمل بمدينة باريس،مصابيح تحتوى على قطبين من الكربون موضوعين بجانب بعضهما وسمى هذا المصباح بالشمعة الكهربائية . ثم استخدم حوالى *80* مصباح جابلوشكوف لإضاءة المحلات الكبيرة باللوفر بباريس وكانت تغذى من مولدات تعمل بالبخار .

اطلق فى باريس على عام *1878* بعام الاضاءة الكهربائية حيث بدأ انتشار الاضاءة بالكهرباء خاصة بعد انتشار مولدات التيار المتردد والتى كانت اكثر ملائمة لمصابيح جابلوشكوف حيث اضيئت الاماكن التالية :

- شارع الاوبرا وميدان الاوبرا وقوس النصر بباريس
- كورنيش نهر التيمز بمدينة لندن
- مسرح جيتى *(Gaiety)* بمدينة لندن
- ملعب كرة القدم فى شيفيلد بانجلترا

وبنهاية عام *1878* انتجت مصابيح القوس الكهربى بواسطة شركات مختلفة فى كل من فرنسا وانجلترا والمانيا .

وفى عام *1879* اخترع توماس اديسون *(Thomas Edison)* من الولايات المتحدة الامريكية المصباح الكهربى وحصل على براءة الاختراع فى كل من الولايات المتحدة وانجلترا وكانت فتيلة هذا المصباح من الورق المكربن *(Carbonized Paper)* .

أضئ اول منزل فى انجلترا بل فى العالم كله فى عام *1880* وهو منزل السيد / جوزيف سوان *(Sir : Joseph Swan)* وعنوانه *99 Kells Lane, Low Fell Gateshead* ، وفى نفس العام تمت اول تطبيقات تجارية لاضاءة *115* مصباح عن طريق تشغيل عدد *4* دينامو بسفينة بخارية فى كولومبيا *(Steamship Columbia)* .

ثم تطورت مصابيح الورق المكربن إلى مصابيح فتيلة الخيزران المطلية بالكربون *(Carbonized bamboo Filament Lamps)* وكان من عيوبه أن له مقاومية ذات معامل درجة حرارة سالب *(Negative temperater coefficient)* . وتلى ذلك استخدام اول نظام اضاءة كهربى للشوارع بمصابيح القوس الكربونى المفتوح *(Open carbon - arc lamps)* وكان هذا النوع يحتاج إلى عملية تهذيب (ضبط واصلاح) يومياً ، لذلك تطورت فى عام *1893* وأصبحت مصابيح القوس الكربونى المغلق هى المستخدمة والتى تحتاج إلى عملية تهذيب اسبوعياً ، وكانت كفاءة هذه النوعية فى بداية التصنيع تتراوح بين *4 Lm/W , 7 Lm/W* وقد تطورت صناعة المصابيح وانتجت مصابيح أخرى مثل مصابيح القوس المشتعل *(Flaming-arc Lamps)* ومصابيح القوس المضئ *(Luminous -arc lamps)* وايضاً تطور مصباح القوس الكربونى المغلق واصبحت كفاءته *19 Lm/W* وعمر تشغيله *100* ساعة بينما كفاءة مصباح القوس المضئ *20 Lm/w* وعمر تشغيله *350* ساعة .

وقد تطورت ايضاً صناعة مصابيح الفتيلة ففى عام *1879* وأستخدمت مصابيح الفتيلة الخيزران المطلية بالكربون والتى كانت كفاءتها *2 Lm/W* ، ثم فى عام *1891* أستخدمت مصابيح الفتيلة السليولوز المطلية بالكربون *(Carbonized-Cellulose Filament)* والتى كانت كفاءتها *2 Lm/W*

وفى عام *1905* ظهرت اول مصابيح الفتيلة المعدنية *(Metalic Filament)* والتى لها معامل درجة حرارة موجب (مثل المعادن) وكفاءتها حوالى *4 Lm/W* ، وفى نفس الوقت تقريباً انتجت مصابيح الاوزميوم *(Osmium lamps)* والتى تحتوى على فتيلة من معدن الاوزميوم وهو معدن نادر وغالى الثمن وتكون الفتيلة هشة جداً وكفاءة المصباح حوالى *5 Lm/W* ثم انتجت مصابيح التنتاليوم *(Tantalum Lamps)*، فى عام *1906* ، ذات فتيلة من معدن التنتاليوم وكانت كفاءتها فى اول الانتاج حوالى *5 Lm/W*

اجريت على مصابيح الفتيلة المعدنية تحسينات متعددة حتى انتجت المصابيح المملوءة بالغاز *(Gas-Filled Lamps)* والتى وصلت كفاءتها الى *21 Lm/W* وعمر تشغيلها حتى *3000* ساعة .

وفى عام *1934* استخدمت مصابيح الصوديوم *(Sodium Lamps)* بكفاءة اعلى من *56 Lm/W* وعمر تشغيلها *4000* ساعة .

وقد استخدمت لاول مرة مصابيح الزئبق *(Mercury Lamps)* فى عام *1939* لإنارة الشوارع وكانت كفاءة مصباح الزئبق ، فى اول انتاجه ، حوالى *12 Lm/W* وبعد تطور الصناعة اصبحت تتراوح بين *50-60 Lm/W* وعمر تشغيلها من *6000* إلى *10000* ساعة .

حوالى عام *1937* انتجت تجارياً المصابيح التنجستن *(Tangsten Lamps)* وطغت على جميع الانواع السابقة . ويمتاز معدن التنجستن بمقدرته على مقاومة التشغيل فى درجات الحرارة العالية بدون حدوث تبخر للفتيلة . وتكون درجة انصهار التنجستن *3655 °K* وللاوزميوم *2972 °K* بينما التنتاليوم *3172 °K*

على الرغم من ان الكربون له نقطة انصهار اعلى من التنجستن الا ان درجة حرارة التشغيل تكون محددة بحوالى *2073 °K* حيث انه سريع التبخر بالقرب من هذه الدرجة .

وظهرت المصابيح الفلورسنت الانبوبية الموفرة الطاقة ، بالمقارنة للمصابيح المتوهجة ، فى الفترة *1938-1939* فى نيويورك ، وبقطر *38 mm* ، وتحتوى على

دائرة تسخين متقدم *(Preheat)* لبداية التشغيل، وفى عام *1944* تم تشغيلها بدائرة بداية التشغيل اللحظى *(Instant Start)* للتغلب على خاصية بداية التشغيل البطئ لدائرة التسخين المتقدم. وفى عام *1952* استخدمت دائرة بداية التشغيل السريع *(Rapid Start)* وذلك للاستغناء عن بادئ التشغيل الملحق بالمصباح الفلورسنت .
توجد اشكال متعددة من المصابيح الفلورسنت منها على شكل انبوبة مستقيمة وانبوبة على شكل حرف *U* واخرى دائرية .

وفى عام *1978* انتجت المصابيح الفلورسنت الانبوبية ذات القطر *26 mm* وبنفس الاطوال المتوفرة للقطر *38 mm* بحيث يمكن ان تحل مكانها وامتازت بانها موفرة للطاقة وتستغل حيز اقل من النوع التقليدى ولها كفاءة ضوئية عالية تصل الى *90Lm/w* ومنذ سنوات انتجت المصابيح الفلورسنت ذات القطر *16 mm* والتى توفر $\frac{1}{4}$ الطاقة المستهلكة للمصابيح المقابلة بقطر *26 mm* وانتجت بقدرات متعددة *,14 W* *21W , 28W, 35W* وبكفاءة عالية تصل إلى *106 Lm/W*

تبع ذلك ابحاث متعددة حتى تم انتاج المصابيح الفلورسنت المدمجة *(Compact Fluorescent)* والتى يطلق عليها ايضاً المصابيح الموفرة للطاقة اذ أنها توفر استهلاك طاقة حوالى *60%* بالمقارنة بالطاقة المستهلكة فى المصابيح المتوهجة عند نفس القدرة وتمتاز ايضاً بانه يمكن استخدامها مكان المصابيح المتوهجة العادية .

توجد أنواع متعددة من حيث الشكل ، من هذه المصابيح ، فهى تحتوى على انبوبة دائرية *(Turn tube)* ،(والتى تسمى ايضاً ساق *2-Limb)* واحدة او اثنين او ثلاثة او اربعة .. ومن حيث تشغيلها تنقسم الى مجموعة تعمل بكابح تيار تقليدى وتكون كفاءتها فى حدود *50-80 Lm/W* وعمر التشغيل *8000* ساعة ومجموعة تعمل بكابح تيار الكترونى *(Electronic ballats)* وكفاءتها فى حدود *40-65 Lm/W* وعمر التشغيل *8000* ساعة .

وفى عام *1991* انتجت مصابيح الحث الكهربى *(Induction Lamps)* أو المصابيح بدون اقطاب *(Electrodeless Lamps)* والتى تعتبر اطول المصابيح عمراً فى التشغيل على الاطلاق (حوالى *60,000* ساعة وهى تكافئ *15* سنة فى التطبيقات النموذجية) وتمتاز بأنه يمكن استخدامها فى المناطق التى يصعب اجراء صيانة بها مثل مناطق الامن والمطارات والانفاق .

فى عام *1996* بدء فى تصنيع المصابيح الفلورسنت المدمجة الحلزونية *(Helix Compact Fluorescent Lamps)* بقدرة *32W* وفيض ضوئى *2400 Lm*

الباب الأول
كميات ووحدات الاضاءة
Quantities and Units

1 - الفيض الضوئي *(Luminous Flux)*

ويرمز له بالرمز (Φ) او بالرمز (F)

وهو يعبر عن حساسية العين للقدرة الضوئية الناتجة من الاشعاع،ويعرف بأنه الكمية الكلية للضوء المنبعث فى الثانية ، من مصدر ضوئى ، او الطاقة الصادرة من مصدر ضوئى فى الثانية . ويقاس الفيض الضوئى بوحدة تسمى اللومن *(Lumen)* ويرمز لها بالرموز *(Lm)* واما العلاقة بين اللومن ووحدة القدرة الكهربائية الوات *(Watt)* فهى كالآتى :

$$1\ Lumen \simeq 0.0016\ watt \quad .... (1\text{-}1)$$

$$Or \quad 1\ watt = 681\ Lumen \quad .... (1\text{-}2)$$

2- الزاوية المجسمة او الزاوية الفراغية *(Solid angle)*

ويرمز لها بالرمز (ω)

ويوضح شكل (1-1) تمثيل للزاوية الفراغية ω والتى تعرف تبعاً للمعادلة الآتية

$$\omega = \frac{A}{r^2} \quad steradian \quad .... (1\text{-}3)$$

حيث

A = مساحة جزء من سطح كرة

r = نصف قطر كرة

c = مركز الكرة

وتكون وحدة الزاوية الفراغية «ستردیان» *(Steradian)* اى زاوية نصف قطرية مجسمة ، ويرمز لها بالرموز *(sr)* ، وتعرف «ستردیان» بانها الزاوية عند المركز المقابلة لجزء من سطح كره (هذا الجزء له مساحة تساوى مربع نصف القطر اى ان $\omega=1$ عندما $A= r^2$) وفى الهندسة الضوئية تكون ω هى الزاوية الفراغية المقابلة لمساحة السطح المضاء A .

وتعتبر أقصى قيمة للزاوية الفراغية ω هى 4π *(st)* ويمكن الحصول عليها عندما

تتحقق المعادلة $A = 4\pi r^2$ (وهى المساحة الكلية لسطح الكرة) .

3- الكنديلا *(Candela)*

ويرمز لها بالرموز *(cd)*

أو قدرة الشمعة *(candle power)* ومن الشائع ان يطلق عليها الشمعة فقط ويرمز لها بالرموز *(cp)*

الكنديلا أو قدرة الشمعة هى وحدة شدة أستضاءة *(Luminous Intrnsity)* المصدر .

وتعرف بانها *1/60* من شدة الاستضاءة لكل cm^2 لجسم اسود مشع عند درجة حرارة تجمد البلاتين *(2045 °k)*

ويشع مصدر له شدة استضاءة تساوى الوحدة *(1 candela)* واحد لومن لكل زاوية نصف قطرية مجسمة *(sr)*

4- اللومن *(Lumen)*

ويرمز له بالرموز *(Lm)*

وهو وحدة الفيض الضوئى . اذا وضع ضوء له شدة استضاءه تساوى واحد «كنديلا» فى جميع الاتجاهات ، عند مركز كرة نصف قطرها يساوى واحد متر ، ولزاوية فراغية تساوى واحد «ستردیان» ، فانه ينتج فيض ضوئى يساوى لومن واحد .

ويمكن ايضاً تعريف اللومن بأنه الفيض الساقط على سطح مساحته واحد قدم مربع $(Foot^2)$ كل نقطة على هذا السطح تبعد قدم واحد عن مصدر أضاءة له شدة استضاءة تساوى كنديلا واحدة .

ويوضح شكل *(2-1)* كل من اللومن والاستردیان والشمعة .

5- كمية الضوء *(Quantity of Light)*

ويرمز لها بالرمز Q

وهى كمية الضوء الخارجة خلال ساعة نتيجة فيض يساوى لومن واحد فى مصباح معين ، ويعبر عنها كما يلى :

$$Q = \Phi \times t \qquad Lm - hr \qquad .... (1\text{-}4)$$

ووحدة كمية الضوء هى لومن ـ ساعة *(Lm-hr)* وهى تقابل او تشبه وحدة الطاقة الكهربائية (وات ـ ساعة أى *Wh*)

6- شدة الاستضاءة *(Luminous Intensity)*

ويرمز لها بالرمز *(I)*

وهى قدرة المصدر الضوئى على انبعاث الفيض الضوئي *(Φ)* فى اتجاه محدد كما فى شكل *(3-1)* وتمثل بالمعادلة التالية :

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \qquad Lm/sr \quad .... \quad (1\text{-}5)$$

وتكون وحدة شدة الاستضاءة لومن / ستردیان *(Lm/sr)* او كنديلا *(Candela)* او شمعة *(Candle power)*

قبل عام *1950* ـ كانت تقاس شدة الاستضاءة النسبية إما بواسطة وحدة شمعة «هفنر» *(Hefner candle)* ، والتى يرمز لها بالرموز *HC* ، او وحد الشمعة الدولية *(International Candle)* ، والتى يرمز لها بالرموز *IC* . وقد اصبح الآن استخدام وحدة كنديلا هى الشائعه ـ والعلاقة بين هذه الوحدات هى كالآتى :

$$1\ cd = 0.98\ IC = 1.16\ HC$$

وتختلف شدة الاستضاءة باختلاف الاتجاه حيث يكون متوسط شدة الاستضاءة او متوسط الكنديلا للمصدر هى القيمة المتوسطة لقيم الكنديلا فى جميع الاتجاهات وتعرف ايضاً بانها متوسط قدرة شمعةالكرة *(mean spherical candle - power)* ويرمز لها بالرموز *MSCP* وتحقق المعادلة:

$$MSCP = \frac{\text{الفيض الكلى بوحدات لومن}}{4\pi} \quad .... \quad (1\text{-}6)$$

7 - شدة الاضاءة *(Illumination or Illuminance)*

ويرمز لها بالرمز *(E)*

وتعرف بأنها كمية الفيض الضوئى (لومن) الساقطة عمودياً على وحدة المساحة من هذا السطح وتمثل بالمعادلة التالية :

$$E = \frac{\phi}{A} \qquad Lux \quad .... \quad (1\text{-}7)$$

وتكون وحدة شدة الاضاءة هى لاكس *(Lux)* (وتختصر الى *Lx*) أو قدم شمعة *Foot candle (FC)* والعلاقة بين الوحدتين هى كالاتى :

$$\left.\begin{array}{l} 1\ Lux = 1\ Lm/\ m^2 \\ 1\ FC = 1\ Lm\ /\ foot^2 \\ 1\ FC = 10.76\ \ Lux \\ 1\ Lux = 0.0929\ FC \end{array}\right\} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ (1\text{-}8)$$

ويوضح جدول *(1-1)* قيم متوسطة لمستويات شدة الاضاءة فى اماكن مختلفة

ويمكن كتابة معادلة شدة الاضاءة *(1-7)* بصورة اخرى يطلق عليها معادلة قانون التربيع العكسى للضوء والتى تستنتج كالآتى :

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad cd \qquad \ldots\ldots\ldots\ (1\text{-}9)$$

$$A = \omega r^2 \quad m^2 \qquad \ldots\ldots\ldots\ (1\text{-}10)$$

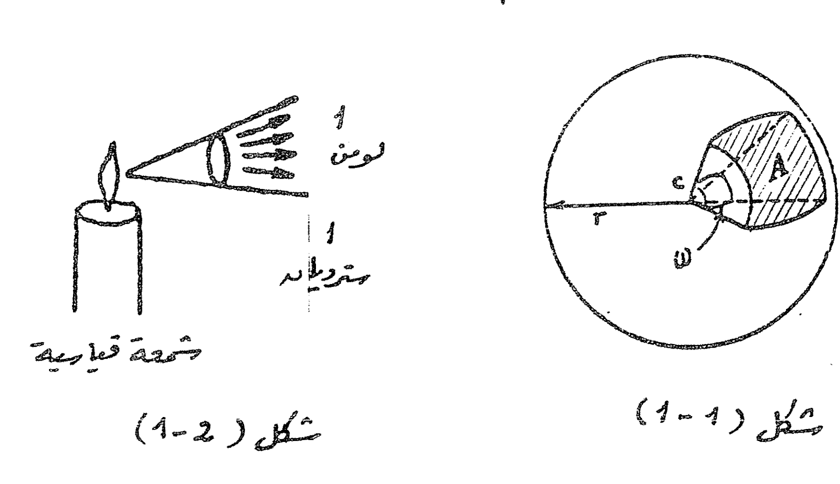
$$E = \frac{\phi}{A} = \frac{I\,\omega}{\omega\ r^2} = \frac{I}{r^2} \quad Lux \qquad \ldots\ldots\ldots\ (1\text{-}11)$$

$$E = \frac{I}{r^2} \quad Lux\ . \qquad \ldots\ldots\ldots\ (1\text{-}12)$$

ويوضح شكل *(1-4)* تمثيل لقانون التربيع العكسى

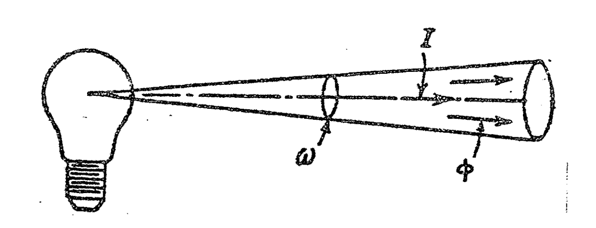
جدول *(1-1)* قيم متوسطة لمستويات شدة الاضاءة فى اماكن مختلفة

المكـــــان	قيمة مستوى شدة الإضاءة *(Lux)*
مكان مفتوح وقت الظهيرة (فصل الصيف)	1,000,000
مكان مفتوح وقت الظهيرة (فصل الشتاء)	10,000
فى الشرفة وقت الظهيرة (فصل الصيف)	2,000 - 5,000
بجوار نافذة وقت الظهيرة (فصل الصيف)	1,000 - 3,000
اثناء الشروق والغروب	500
اكتمال القمر والسماء مضاءة	0.25
مكتب ذو إضاءة جيدة	600 - 800

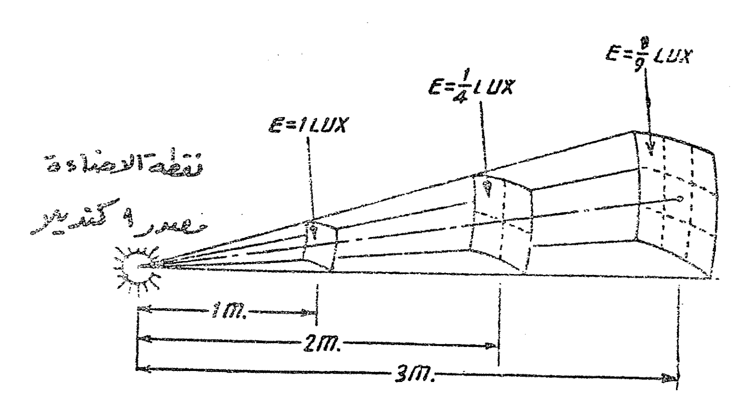


شكل (1-1)

شكل (1-2)



شكل (1-3) شدة الاستضاءة (I)



شكل (1-4) قانون التربيع العكسي

8- النصوع (Luminance or Brightness)

ويرمز له بالرمز (L) أو الرمز (B)

النصوع هو النسبة بين شدة الاستضاءة والمساحة الظاهرية لمصدر الضوء

ويتم التعبير عن النصوع بالمعادلة التالية :

$$L = \frac{\Delta I}{\Delta A \cos \varepsilon} \qquad Lambert \quad ...... (1\text{-}13)$$

حيث : ΔA = جزء من مساحة المصدر الممتد

ΔI = شدة الاضاءة والتى تتجه بزاوية ε من خط التعامد مع سطح المصدر

ويوضح شكل (1-5) هذا التعريف

وحدة النصوع هى اللامبرت (Lambert) او مللى لامبرت (milli-lambert) أو قدم لامبرت (Foot-Lambert)

كما توجد وحدات المانى للنصوع وهى ستيلب(Stilb)،أبستيلب (Abopostilb)ويوضح جدول (1-2) العلاقة بين جميع الوحدات المستخدمة للنصوع ، بينما يوضح جدول (1-3) أمثلة لقيم النصوع النسبى لبعض مصادر الضوء .

ويمكن أيضاً تعريف النصوع باستخدام المعادلة الآتية

$$L = \frac{I}{S} \qquad cd/cm^2 \quad .... (1\text{-}14)$$

حيث L = النصوع بوحدات cd/cm2

I = شدة الاستضاءة بوحدات candela

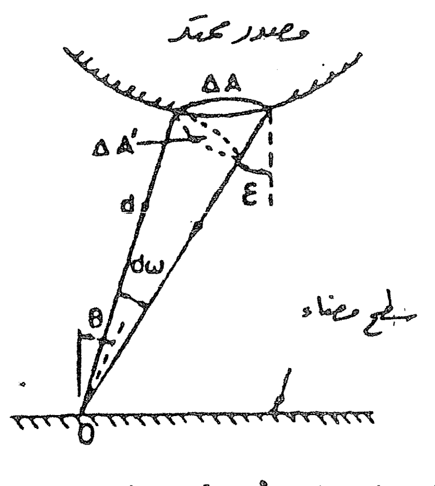
S = المساحة الظاهرية بوحدة Cm^2

فى حالة وجود سطح عاكس منتشر (Diffuse Reflecting surface) يعرف النصوع كالآتى

$$L = \frac{E\rho}{\pi} \qquad .... (1\text{-}15)$$

حيث E = شدة الاضاءة

ρ = عامل الانعكاس



شكل (5-1) نصوع الضوء

جدول *(1-2)*

International and German Luminous quantities

وحدات النصوع *(L)*

Luminous density	ستيلب Stilb	كاندلا/متر٢ Candela/m2	ابستيلب Apostilb	قدم لامبرت footlambert	لامبرت Lambert	مللى لامبرت Millilambert
ستيلب 1 Stilb	1	10,000	31,400	2,919	3.142	3142
كاندلا/متر٢ 1 Candela/m2	0.0001	1	3.14	0.2919	0.00031	0.314
بستيلب 1 apostilb	0.000032	0.3184	1	0.093	0.0001	0.1
قدم لامبرت footlambert	0.00034	3.4	10.76	1	0.00108	1.076
لامبرت 1 Lambert	0.3183	3183	10,000	929	1	1000
مللى لامبرت 1 millilambert	0.00032	3.183	10	0.929	0.001	1

فمثلاً لمساحة عاكس منتشر تستقبل *500 Lx* وعامل الانعكاس *40%* فان النصوع يساوى

$$L = \frac{400 \times 0.4}{3.14} = 64 \quad cd/m2$$

ويوضح جدول *(1-4)* تلخيص الكميات الاساسية والوحدات المستخدمة فى هندسة الإضاءة

جدول (1-3)　　متوسط قيم النصوع لأسطح أو مصادر مختلفة

مصدر الضوء	النصوع cd/cm2
الشمـــس	1 65,000
القمـــــر	0.25
فتيلة مصباح متوهج مملوء غاز	700 - 1200
مصباح متوهج ـ النوع التفريغى	200
انبوبة فلورسنت ـ أبيض　ضوء النهار	0.5 - 0.8
انبوبة كوارتز قوس زئبقى	100 - 150
أنبوبة نيون (أحمر)	0.1
ورق ابيض: عامل الانعكاس = 80 %، شدة الاستضاءة = 400 Lx	0.001
ورق رمادى: عامل الانعكاس = 40 %، شدة الاستضاءة = 400 Lx	0.0005
ورق أسود: عامل الانعكاس = 4 %، شدة الاستضاءة = 400 Lx	0.00005

جدول (1-4)

Fundamental quantities and units in lighting technology

الكميات الاساسية ووحدات التقنية للضوء

الكميات الاساسية للضوء	الوحـــدة		المعادلـــة	ملاحظـــات
	الاســـــم	الرمز		
القيض الضوئى Luminous flux Φ	لومن Lumen	Lm		
شدة الاستضاءة Luminous intensity I	Candela كاندلا	cd	$I = \frac{\Phi}{\omega}$	Complete solid angle $\omega = 4\pi Sr$ sr is steradian زاوية نصف قطرية مجسمة
	Candle power الشمعة	cp		
شدة الاضاءة Illumination E	Lux لاكس	lx	$E = \frac{\Phi}{A}$	$1\ Lx = 1\ Lm / m^2$
	قدم شمعة Foot candle	fc	$E = \frac{I}{r^2}$ $E_B = \frac{I}{h^2} \cos\theta$	$1\ fc = 1\ Lm / Foot^2$ $1\ fc = 10.76\ Lx$
النصوع Luminance L	Lambert لامبرت		$L = \frac{\Phi}{\omega A \cos\varepsilon}$	$1 cd/m^2 = 10^{-4}\ cd/cm^2$
	cd / cm2 Stilb ستيلب	sb		
	cd / m2 Apostilb ابستيلب	asb	$= \frac{I}{A \cos\varepsilon}$	$1\ asb = \frac{10^{-4}}{\pi}\ cd/cm^2$

حيث :

زاوية فراغية	ω= *solid angle irriadiated*
مساحة السطح المضاء	*A = illumianted area*
بعد مصدر الضوء عن النقطة B	*h = distance*
أرتفاع مصدر الضوء	*r = Hight of light source*
زاوية الانبعاث	ϵ = *angle of emission*

المصباح

θ r   h   O   B

θ = *angle of incidence to the vertical of the illuminated source*

زاوية السقوط على السطح المضاء

ملاحظات :

- تستخدم الوحدة cd/cm^2 للاجسام المضاءة ذاتياً *Self-illuminating bodies*

- تستخدم الوحدتان asb , cd/m^2 للاسطح المضاءة او الاسطح القابلة لاختراق الضوء *Illuminated and transilluminated surfaces*

- يمكن تجاوزاً أن يطلق على كل من E , I شدة الاضاءة ولكن يجب التمييز بالوحدات السليمة ، فمثلاً يقال ان I شدة الاضاءة بوحدات (كاندل) وان E شدة الاضاءة بوحدات (لاكس) ، ويستند هذا القول على ان كل من E , I تعتمد اساساً على الفيض الضوئى بوحدات اللومن ولكن احدهما منسوبة الى الزاوية والاخرى منسوبة الى المساحة تحت الزاوية .

9 - مخرج النصوع من السطح Luminous Exitance of surface

ويرمز له بالرمز M

ويعرف مخرج النصوع عند نقطة من السطح بأنه الفيض الضوئى المنبعث لكل وحدة مساحة فى جميع الاتجاهات .

فاذا كانت ΔA هى مساحة النصوع التى تبعث فيض كلى $\Delta\Phi$ فى جميع الاتجاهات (الزاوية فراغية $2\pi\, st$) فان

$$M = \frac{\Delta\Phi}{\Delta A} \qquad lm / m2 \qquad .... (1\text{-}16)$$

10 - كمية شدة الاضاءة (Quantity of illumination)

والتى يرمز لها بالرمز H

هى حاصل ضرب شدة الضوء فى الزمن اي ان

$$H = I \, . \, S$$

حيث S = زمن التعرض (Time of exposure)

11 - الكفاءة الضوئية (Luminous efficacy)

والتى يرمز لها بالرمز η

وهى النسبة بين الفيض الضوئى الناتج من المصباح الى القدرة المستهلكة ، اى ان

$$\eta = \frac{\text{Luminous output}}{\text{effective power}} \qquad Lm / w \qquad .... (1\text{-}17)$$

12 - كفاءة الاضاءة المناسبة للتشغيل (Suitable operating lighting efficacy)

والتى يرمز لها بالرموز η_{LB}

وهى النسبة بين الفيض الضوئى الناتج من الاضاءة المناسبة ، عند درجة الحرارة المحيطة (عادة $25\,^{o}C$) ، الى الفيض الضوئى الكلى (المثالى) للمصباح ، والمعطى بواسطة صانعى المصابيح .

13-الكفاءة البصرية لتركيبات الاضاءة(*Optical efficiency of lighting fitting*)

والتى يرمز لها بالرموز η_L

وتعرف بانها النسبة بين الفيض الضوئى المنبعث من تركيبات الاضاءة ، عند درجة الحرارة المحيطة (عادة $25\ ^oc$) الى الفيض الضوئى الكلى الناتج من المصباح ، فى هذه الحالة.

14 - عامل انتفاع الحجرة (*Room utilization factor*)

والذى يرمز له بالرموز η_R

وهو النسبة بين الفيض الضوئى (Φ) ، المتجه الى السطح المؤثر A ، الى الفيض الضوئى الكلى $\Sigma\Phi$ (الناتج من تركيبات الاضاءة)

(تكون $\eta_R > 1$)

14- عامل الانتفاع (*Utilization factor*)

والذى يرمز له بالرموز η_B

وهو النسبة بين الفيض الضوئى (Φ) ، المتجه الى السطح المؤثر A ، الى الفيض الضوئى الاسمى الكلى $\Sigma\,\Phi$ ، اى ان

$$\eta_B = \eta_R \cdot \eta_{LB} \qquad \text{.......... (1-18)}$$

15 - عامل الانتظام (*Uniformity factor*)

ويرمز له بالرمز g_1 ، g_2

ويعرف تبعاً للمعادلتين الاتيتين

$$g_1 = \frac{E_{min}}{E_m} \quad , \quad g_2 = \frac{E_{min}}{E_{max}} \qquad \text{......... (1-19)}$$

حيث

E_{min} = اقل قيمة لكثافة الفيض الضوئى

E_m = القيمة المتوسطة لكثافة الفيض الضوئى

E_{max} = اقصى قيمة لكثافة الفيض الضوئى

ويعرف انتظام الاستضاءة بنفس الطريقة

16- عامل ضوء النهار *(Daylight Factor)*

ويرمز له بالرمز T

ويعرف تبعاً للمعادلة التالية

$$\% T = \frac{E_p}{E_a} X 100$$

حيث :

E_p = كثافة الفيض الضوئى عند نقطة القياس .

E_a = كثافة الفيض الضوئى الافقى فى الهواء الطلق ، على مدى الافق .

17 - متوسط العمر *(Mean Life)*

ويرمز له بالرمز *(h)*

هو دورة الاحتراق الاقتصادية *(Economic burning period)* لمصادر الضوء تبعاً لتوصيف الصانع ، وقد يعتمد متوسط العمر على تردد التشغيل ، ودرجة الحرارة المحيطة و التغير فى جهد المصدر .

18 - عامل الانعكاس *(Reflection Factor)*

ويرمز له بالرمز ρ

هو النسبة بين الفيض الضوئى المنعكس خلفياً من الجسم ، الى الفيض الضوئى الساقط عليه .

19 - عامل النفاذ *(Transmission Factor)*

ويرمز له بالرمز τ

هو النسبة بين الفيض الضوئى ، النافذ خلال الجسم ، الى الفيض الضوئى الساقط عليه .

20- عامل الامتصاص (Absorption factor)

ويرمز له بالرمز α

وهو النسبة بين الفيض الضوئى ، الممتص بواسطة الجسم ، الى الفيض الضوئى الساقط عليه

وتتحقق العلاقة الآتية بين عامل الانعكاس وعامل النفاذ وعامل الامتصاص

$$\rho + \tau + \alpha = 1 \qquad .... (1\text{–}20)$$

21- درجة حرارة اللون (Colour Temperature)

ويرمز له بالرموز T_f

هى درجة حرارة مشع «بلانك» (Planckian radiator) ، جسم اسود ، والتى لها نفس اللونية للجسم المشع تحت الاختبار (الوحدة كلفن ^{O}K)

22- البهر (Glare)

يستخدم هذا الاصطلاح للتعبير عن الشعور بالانزعاج او بتداخل الرؤيا او الاحساس بالتعب للعين نتيجة لتركيز زائد لنصوع مصدر الضوء .

فمثلاً مصباح الفلورسنت لايحدث اى بهر اذا كانت الخلفية مدهونة بالالوان الفاتحة بينما يحدث بهر للعين اذا كانت الخلفية مدهونة بالالوان الداكنة .

اذا تعدت قيمة نصوع مصدر الضوء الحدود 1 : 1.5 Lambert (0.3-0.5 cd/cm2) فانه يسبب بهر للعين . وعند الاحتياج لمصدر ضوئى مستمر فيجب الا يتعدى نصوع المصدر الحدود 0.25 : 0.5 Lambert (0.08 : 0.15 cd/cm2).

الباب الثانـي
الضـوء
Light

الضوء هو صورة من صور تحول الطاقة ، حيث تتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة ضوئية (اشعاعية) موجودة فى مجال الطيف الكهرومغناطيسى وتشعر بها العين ، اى ان الضوء هو اشعاع كهرومغناطيسى لطول موجة تشعر بها العين .

من المعروف ان طيف الاثير *(ether spectrum)* يحتوى على اشعاعات مختلفة لكل منهم حدود لطول الموجه ويكون حدود طيف الاثير من *0.1 Å* الى *100km* (حيث $Å = angstrom = 10^{-7}$ mm) . ويكون الاشعاع المرئى *(Visible radiation)* احدهم . كما هو مبين فى شكل *(2-1)*

وللاشعاع الضوئى اطوال موجات معينة (اى تردد معين) ، وذلك تبعاً لنوع الاشعاع (حاصل ضرب طول الموجه والتردد يساوى سرعة الضوء وهى كمية ثابتة تساوى 3×10^{8} m/s) فاطوال موجات الاشعاع الضوئى المرئية تتراوح بين 380 mμ الى 780 mμ ومحددة من احد الجانبين بالأشعة دون الحمراء *(infra-red radiation)* لطول موجة من 780 mμ إلى 10,000 mμ ومن الجانب الاخر بالاشعاع فوق البنفسجي *(Ultra-voilet radiation)* لطول موجة من 10mμ الى 380 mμ

الوحدات المستخدمة لأطوال موجات الضوء كالآتى

وحدة انجستروم	=	*Å = angstrom*
ميكرون	=	*μ= micron*
مللى ميكرون	=	*m μ= millimicron*

$1\mu = 10^{-3}$ mm

$1m\mu = 10^{-6}$ mm

$1 Å = 10^{-7}$ mm

ويتكون الطيف الضوئى من عدد من اطوال الموجات المختلفة ، لكل منها المقدرة على تكوين انطباع لونى مختلف على حدة . ويوضح شكل *(2-2)* العلاقة بين الطيف الضوئى المرئى وحساسية العين . ومن ناحية أخرى . لايمكن للعين ان تميز اطوال

الموجات المختلفة كألوان منفصلة ، وتبدو جميها معاً كما لوكان لونها ابيض. ويفترض أن حساسية العين للاشعاع الاصفر/الاخضر تكون 100% بينما تكون كنسبة منها لاطوال الموجات الاخرى .

من شكل (1-2) يمكن استخلاص الجدول رقم (1-2) والذى يوضح انطباع اللون وطول الموجة له .

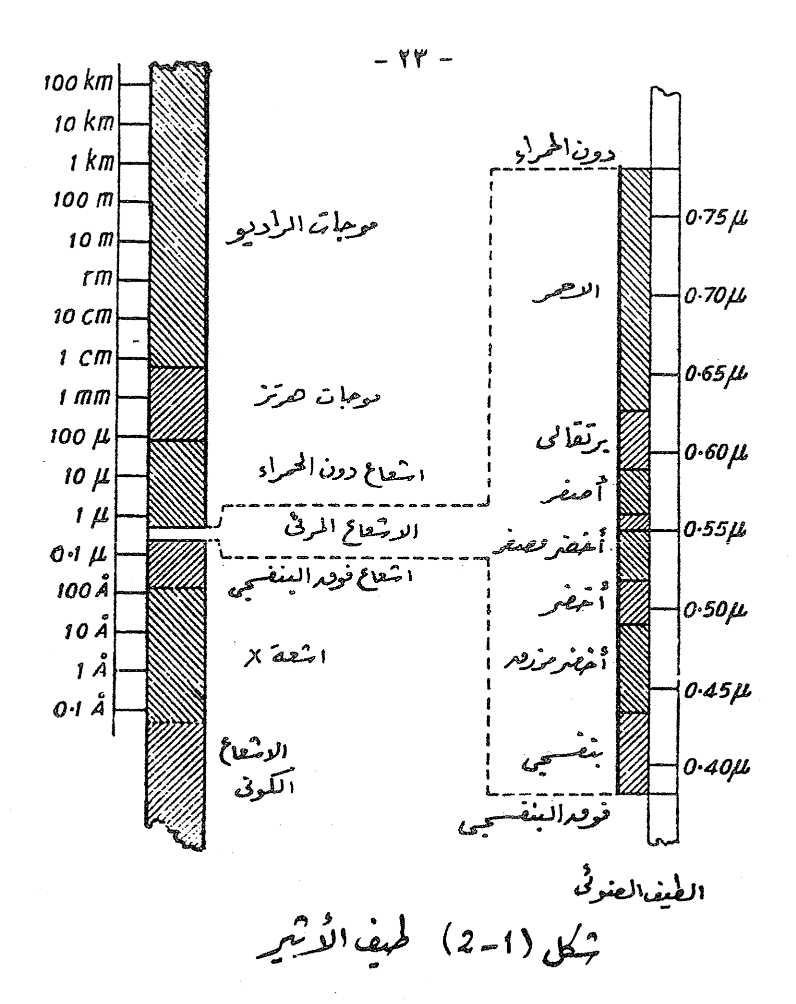
جدول (1-2)

انطبـــاع اللـــون	طول الموجة (مللى ميكرون) $m\mu$
بنفسجي	380 - 420
ازرق	420 - 495
اخضر	495 - 566
اصفر	566 - 589
برتقالى	589 - 627
احمر	627 - 780

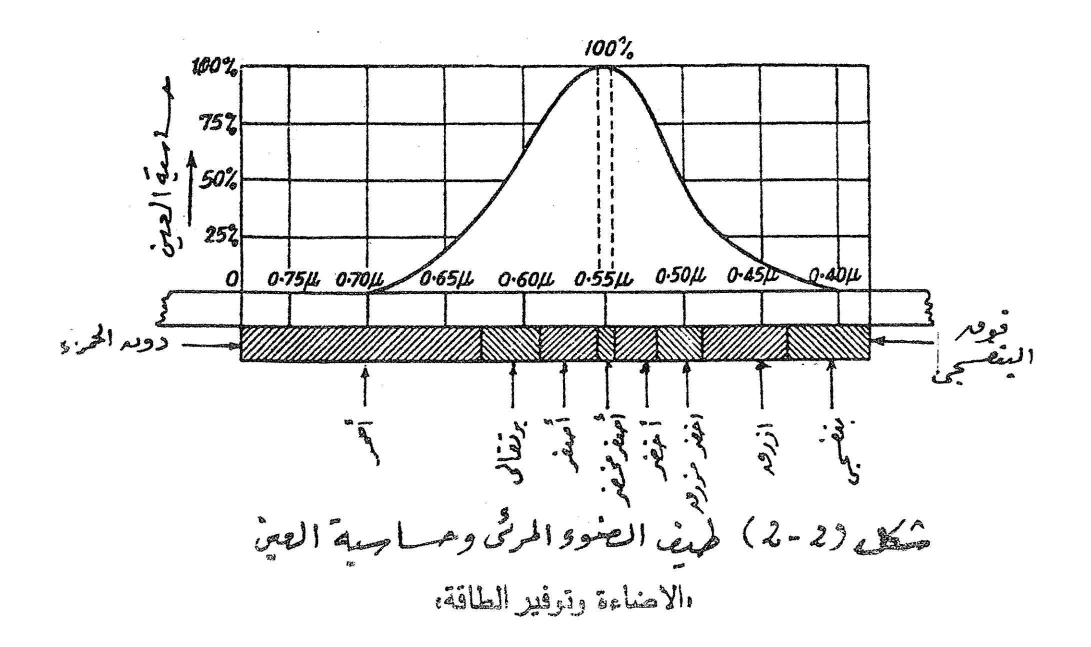
عموماً ، لاتحدث اطوال الموجات المختلفة انطباع لون بنفس الشدة فمثلاً يؤدى الاشعاع الاصفر / الاخضر لطول موجة 555 $m\mu$ اقوى انطباع بينما تؤدى اشعاعات الاحمر والبنفسجى انطباع اضعف .

1-2 انتشار الضوء :

عند سقوط الضوء على اسطح معدنية لامعة او على اسطح من الفضة ، فان اغلب الضوء ينعكس تبعاً لقواعد الانعكاس دون تغير فى تردد موجات الضوء ، اى ان زاوية السقوط *(incidence angle)* تساوى زاوية الانعكاس *(reflection angle)* ، كما فى شكل (3-2) أ . يمتص جزء صغير من الضوء الساقط فقط ، والذى يكون دائماً صورة



شكل (١-2) طيف الأثير



شكل (2-2) طيف الضوء المرئى وحساسية العين

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

الضـوء . يعـرف الانعكاس فى هذه الحـالة بأنه انعكاس مـرآوى *(Specular reflection)* او انعكاس منتظم *(Regular reflection)*

عند سقـوط الضوء على سطح خشن ، كمـا فى شكل *(3-2)* ب ، مـثـل الورق او السقوف المدهونة او الزجاج المسنفر ، فان الضوء ينتشر فى جميع الاتجاهات وعلى ذلك لاتتشكل صورة للضوء ، ويعرف الانعكاس فى هذه الحالة بالانعكاس المنتشر . *(Diffuse reflection)*

وتعرف النسبة بين الضوء المنعكس الى الضوء الساقط (اى $\frac{reflected\ light}{incident\ light}$) باحد الاسماء التالية

- عامل الانعكاس *Reflecting factor*
- نسبة الانعكاس *Reflection ratio*
- معامل الانعكاس للسطح *Coefficient of reflection of a surface*

اذا سقط الضوء على سطح شفاف ، فان بعض الضوء يمتص ولكن النسبة الاكبر من الضوء تنفذ خلال السطح وتظهر على الجانب الاخر للسطح .

وتعرف النسبة بين الضوء النافذ (لجسم شفاف او شبه شفاف) الى الضوء الساقط بعامل النفاذ *(Transmission or Transmittance factor)*

يصنف الانعكاس تبعاً لنوع سطح الانعكاس كالآتى :

أ - الانعكاس المرآوي او المنتظم *Specular or regular reflection*

نحصل على هذا الانعكاس عند سقوط الضوء على سطح معدنى مصقول او زجاج منشورى *(Prismatic glass)* او زجاج مرآوى *(Mirrored glass)* وفى هذه الحالة تتساوى زاوية السقوط بزاوية الانعكاس ، كما فى شكل *(4-2)* أ

ب- انعكاس انتشاري *(Scattered or Diffuse Reflection)*

يحدث انعكاس انتشارى على اسطح مثل الزجاج الاوبال *(Opal Glass)* ، او الصينى اللامع *(Porcalin enamel)* ، أو طلاء جير مائى *(White-washed)* ، أو حوائط واسقف مدهونة وغير لامعة .

فى هذه الحالة ، عند انعكاس حزمة من الضوء تنتشر فى جميع الاتجاهات كما فى شكل (4-2) ب .

جـ - انعكاس مختلط (Mixed reflection)

وهو حالة بين الحالتين السابقتين ، كما فى شكل (4-2) جـ ، وهو يعتمد على نوع السطح ، والذى يكون ناعماً او خشناً اومصقولاً ...

ويصنف الانعكاس تبعاً للون الحائل كالآتى :

1- الانعكاس الطبيعي (Natural reflection)

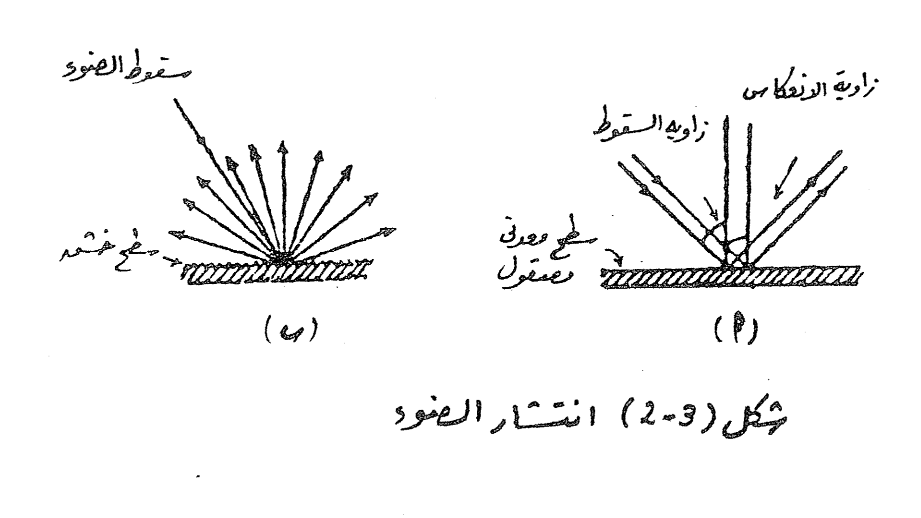
بعض المواد تعكس جميع اطوال الموجات ، الموجودة فى الطيف الضوئى ، لنفس المدى ، وهذا ما يعرف بالانعكاس الطبيعى . يتغير لون هذه المواد من الاسود الى الابيض اعتماداً على عامل الانعكاس . مثلاً اذا كان عامل الانعكاس اعلى من 60% فانها تبدو بيضاء ، واذا كان عامل الانعكاس اقل من 5% فانها تبدو سوداء ، أما اذا كان عامل الانعكاس بين 5% إلى 60% فإن الحائل يبدو رمادى بدرجات مختلفة ، اعتماداً على قيمة عامل الانعكاس .

2- الانعكاس المختار (Selective reflection)

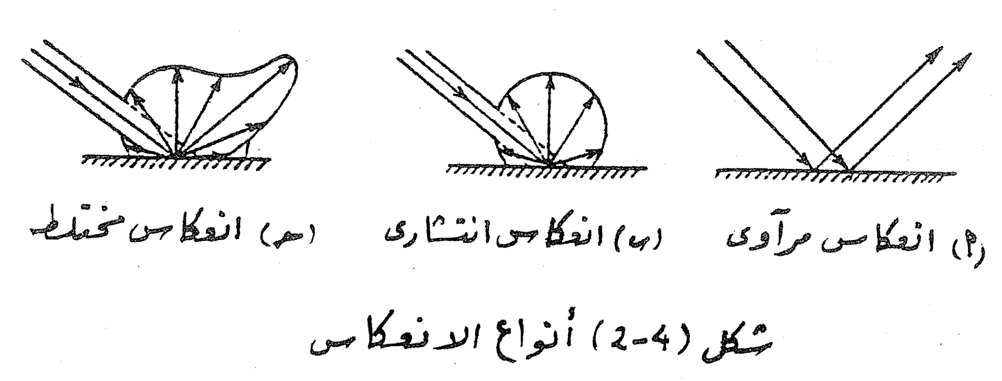
توجد مواد متعددة لاتعكس كل اطوال الموجات بنفس الدرجة ، بمعنى آخر انه توجد معاملات انعكاس مختلفة لاطوال الموجات المختلفة .

بعض أطوال الموجات تعكس بينما البعض الآخر يمتص وهذا مايعرف بالانعكاس المختار ، الحائل الذى يبدو لونه احمر للعين يعكس اساساً اشعاع احمر واشعاعات قليلة اصفر وبرتقالى . وتمتص اشعاعاتاللون الاخضر والازرق والبنفسجى لمدى بعيد ، وبالمثل فان الدهان الازرق يعكس اشعاع ازرق بينما يمتص باقى الاشعاعات .

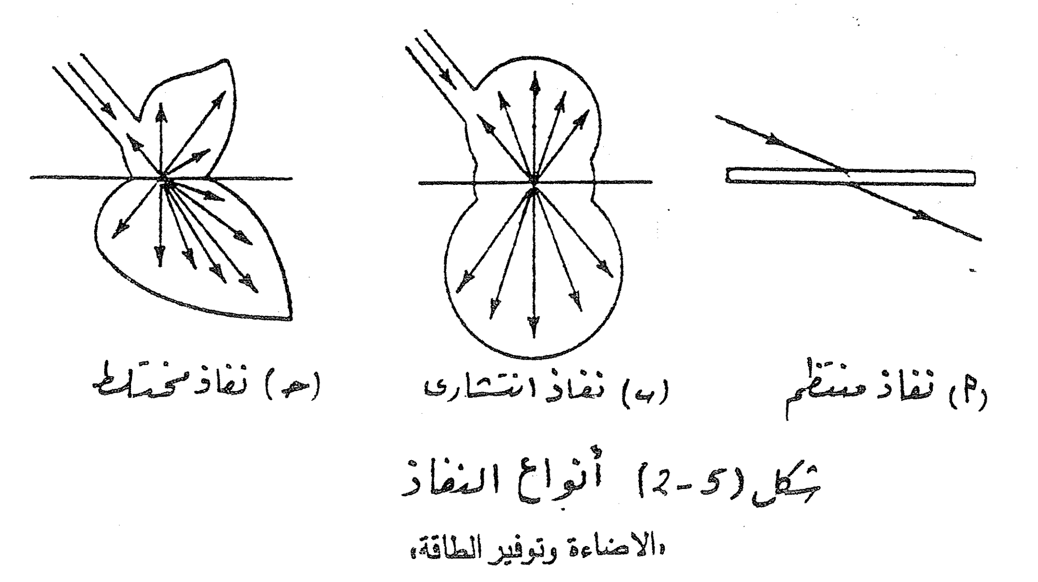
وعلى ذلك فان الادراك الحقيقى للون الحائل الملون والموضوع فى ضوء صناعى ، يحتوى اساساً على جميع اطوال الموجات والتى تقرب من ضوء النهار ، فمثلاً يرجع السبب فى ان اللون الاحمر يظهر اقل وضوحاً فى الاضاءة بالفلورسنت ان الاشعاع الاحمر يكون قليلاً فيه .



شكل (3-2) انتشار الضوء



شكل (4-2) أنواع الانعكاس



شكل (5-2) أنواع النفاذ

2-2 نفاذ الضوء *(Transmission of light)*

نفاذ الضوء هو مروره من وسط معين الى وسط آخر دون تغير فى تردده

ويصف نفاذ الضوء الى :

1- نفاذ منتظم *(Regular transmission)*

عندما تمر حزمة ضوئية خلال مادة وتخرج من الجانب الاخر على شكل حزمة ايضاً فان هذا مايعرف بالنفاذ المنتظم كما فى شكل *(2-5)* أ . ونتيجة للانكسار فان الحزمة تغير اتجاهها فقط . وتعتبر النوافذ الزجاجية مثال لهذا النوع من النفاذ .

2 - النفاذ المنتشر *(Diffuse Transmission)*

فى هذا النوع فان الحزمة الضوئية تنتشر فى جميع الاتجاهات عندما تمر خلال المادة .كما فى شكل *(2-5)*، من امثلة هذه المواد الزجاج الاوبال *(Opal glass)*

3 - النفاذ المختلط *(Mixed Transmission)*

وهو حالة بين الحالتين السابقتين . كما فى شكل *(2-5)* جـ ، ليس نفاذ كلى منتظم ولانفاذ كلى منتشر ، يعتبر الزجاج المصنفر *Frosted glass* مثال لهذا النوع ومما يدل على هذا النوع من النفاذ ان الفتيلة فى المصباح الزجاجى المصنفر تكون غير واضحة .

يوضح جدول *(2-2)* قيم عامل الانعكاس لاسطح مواد مختلفة عند سقوط ضوء أبيض عليها .

ويوضح جدول *(2-3)* قيم عامل الانعكاس لاسطح عاكسة منتشرة .

بينما يوضح جدول *(2-4)* قيم عامل النفاذ لبعض المواد المختلفة .

2-3 حساب النصوع لسطح عاكس منتشر (L)

يعتمد نصوع السطح على خاصية السطح ، إذا كان غير باعث للضوء . فى حالة السطح المصقول أو اللامع فإن النصوع يعتمد على زاوية الرؤية (Angle of viewing). ولكن إذا كان السطح مطفأ اللمعة وله إنتشار جيد ، فإن النصوع لا يعتمد على زاوية الرؤية ، وعلى ذلك فإن إنعكاس السطح يقلل من النصوع تناسبياً . ويوضح شكل (2-6) سطح منتشر مساحته A . نفرض أن النصوع عند النقطة M على نصف كرة مركزها O ونصف قطرها R ، يكون $L\ cd/m^2$ وشدة الإستضاءة (Luminous Intensity) عند النقطة M تساوى :

$$= L \times A \cos \Theta \qquad \text{candela (or lumen / steradian)}$$

الأن سنقسم نصف الكرة إلى أجزاء كما فى الشكل ، مثلاً الجزء MN بين الزاويتين Θ & $(\Theta + d\Theta)$ وعرض هذا الجزء يكون $(R, d\Theta)$وطوله $(2\pi R \sin \Theta)$ وبذلك فإن مساحته تساوى :

$$= (2\ \pi R \sin \Theta)\ (R.\ d\Theta) = 2\pi R^2 \sin \Theta.\ d\Theta$$

وهى المساحة المهشرة فى الشكل

ويمكن حساب الزاوية الفراغية (ω) تبعاً للمعادلة :

$$\omega = \frac{\text{المساحة}}{R^2}$$

$$= 2\pi R^2 \sin \Theta \ \frac{d\Theta}{R^2} = 2\pi \sin \Theta\ d\Theta$$

ثم يتم حساب الفيض الضوئى المار خلال هذا الجزء كالآتى :

$$d\Phi = (L\ A \cos \Theta)\ (2\pi \sin \Theta\ d\Theta)$$

$$= \pi L\ A\ (2 \sin \Theta \cos \Theta)\ d\Theta$$

$$= \pi L\ A \sin 2\Theta\ d\Theta \qquad \ldots\ldots\ Lm$$

ويكون الفيض الكلى المار خلال النصف كرة يساوى :

$$\Phi = \int d\Phi$$

$$\therefore \ \Phi = \int_{0}^{\pi/2} \pi L A \sin 2\Theta \, d\Theta$$

$$= \pi L A \qquad Lm \quad \text{-------} \quad (2\text{-}1)$$

بفرض أن شدة إضاءة *(Illumination)* السطح ، والناتجة من مصدر الضوء ء هى $E\ Lm/m^2$ وأن عامل الإنعكاس *(Reflection factor)* هو ρ فإن الفيض الضوئى Φ يخضع للمعادلة الآتية :

$$\Phi = \rho A E \qquad Lm \ \text{------} \quad (2\text{-}2)$$

بمساواة المعادلتين *(2-1) & (2-2)* فإن :

$$L = \frac{\rho E}{\pi} \qquad cd/m^2 \quad \text{------} \quad (2\text{-}3)$$

$$= \rho E \qquad Lm/m^2 \ (Luminous\ exitance)$$

مثلاً : لسطح إنتشار $\rho = 0.8$ ، وعلى بعد *2m* من مصدر له شدة إستضاءة *100 candela* فى إتجاه الفيض فإن :

$$E = \frac{100}{2^2} = 25 \qquad Lm/m^2$$

$$L = \frac{\rho E}{\pi} = \frac{25 \times 0.8}{\pi} = 6.36 \qquad cd/m^2$$

$$M = \rho E = 25 \times 0.8 = 20 \qquad Lm/m^2$$

2-4 حساب شدة الإضاءة *(E)*

يمكن حساب شدة الإضاءة *(Illumination)* بإستخدام أحد العلاقات الآتية :

– تناسب شدة الإضاءة مباشرة مع شدة الإستضاءة *(I)* أى أن $E \propto I$

– من قانون التربيع العكسى فإن $E \propto \frac{1}{R_2}$

حيث *R* المسافة من السطح إلى مصدر الضوء .

– من قانون جيب تمام لامبرت *(Lambert's cosine law)*

فإن *E* تتناسب مباشرة مع جيب تمام الزاوية Θ والموضحة فى شكل *(2-7)* أى أن :

$$E = \frac{I \cos \Theta}{R^2} \qquad Lm/m^2 \quad ----- \quad (2\text{-}4)$$

وبفرض وجود مصباح له شدة إستضاءة منتظمة ، كما فى شكل (2-8) مثبت على إرتفاع h من الموضع A على المنضدة ، فإن شدة الإضاءة تختلف من موضع إلى آخر على المنضدة (المواضع A, B, C, D) ، وتحسب كالتالى :

شدة الإضاءة عند الموضع A = $E_A = \frac{I}{h^2} \qquad \Theta = 0, \cos \Theta = 1$

شدة الإضاءة عند الموضع B = $E_B = \frac{I}{h^2_1} \cos \Theta_1 \qquad \cos \Theta_1 = \frac{h}{h_1}$

$$= \frac{I}{h^2_1} \frac{h}{h_1} = \frac{I}{h^2} \frac{h^3}{h^3_1}$$

$$= E_A \cos^3 \Theta_1$$

$$\therefore E_B = E_A \cos^3 \Theta_1$$

وبالمثل

$$E_C = E_A \cos^3 \Theta_2$$
$$E_D = E_A \cos^3 \Theta_3$$

لتطبيق ذلك ، يوضح شكل (2-9) مصباح يعطى $1200\ lm$ فى جميع الاتجاهات ، فيمكن حساب شدة الإضاءة عند الموضع B كالآتى :

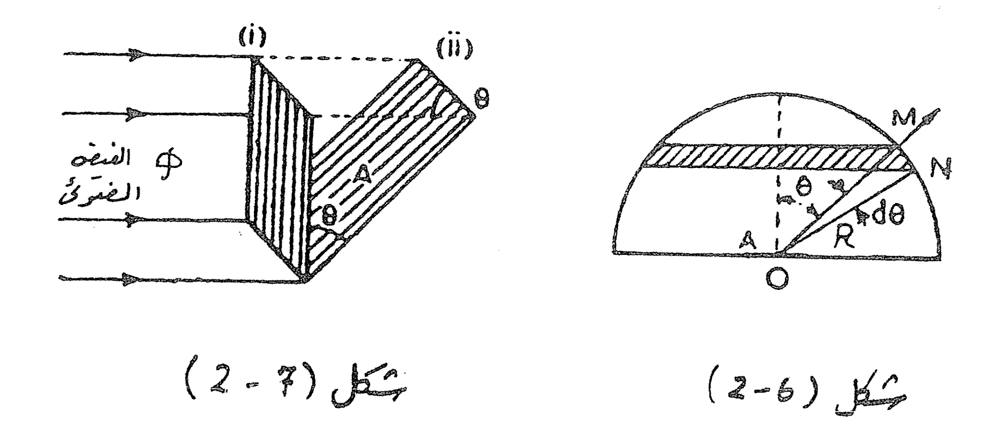
شدة الاستضاءة للمصباح = $I = \frac{1200}{2\pi} = 95.5\ cd$

$$LB = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10\ m$$

$$Cos\ \Theta = \frac{8}{10} = 0.8$$

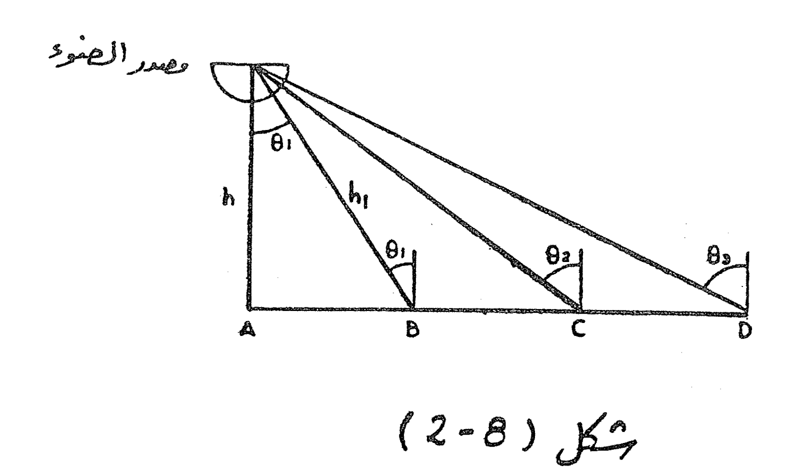
$$E = I \frac{Cos\ \theta}{R^2}$$

$$E_B = \frac{95.5 \times 0.8}{10^2} = 0.764\ lm/m^2$$

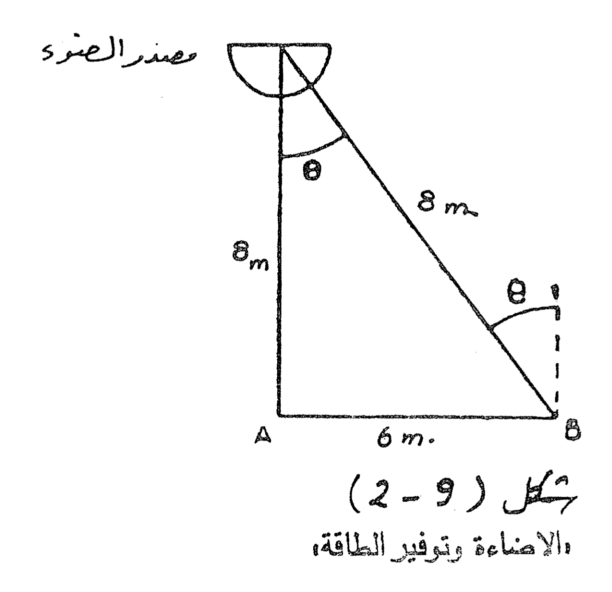


شكل (2-7)

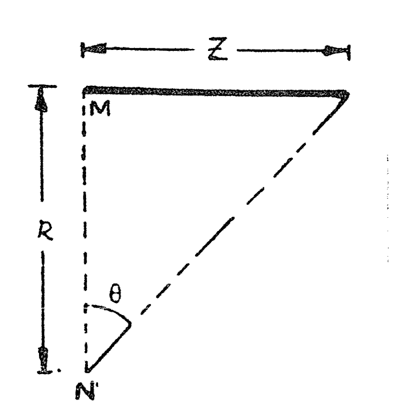
شكل (2-6)



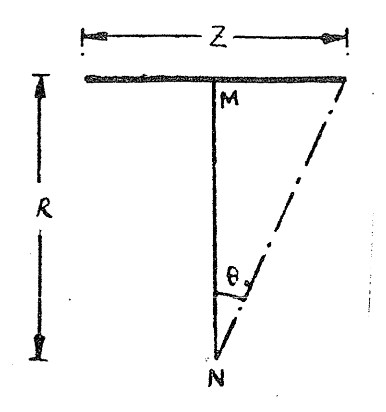
شكل (2-8)



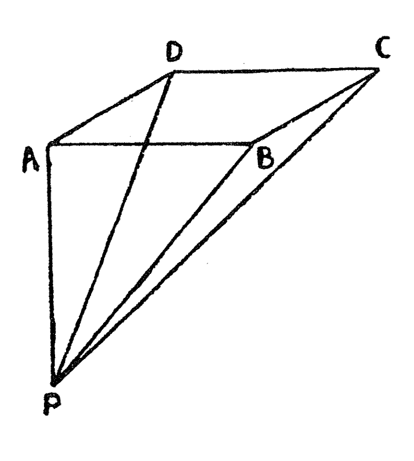
شكل (2-9)



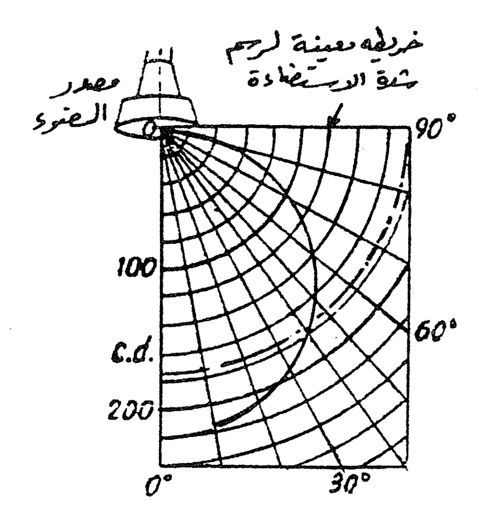
شكل (2-10) مصدر الضوء عبارة عن خط



شكل (2-11) مصدر الضوء عبارة عن خط



شكل (2-12) مصدر الضوء عبارة عن مساحة



شكل (2-13) منحنى توزيع شدة الاستضاءة

مثال :

مصباحين فلورسنت قدرة كل مصباح $40\ W$ ، الشدة فى اتجاه محدد على منحنى $1000\ lm$ تساوى $250\ cd$ ، الفيض الضوئى للمصباح $3000\ lm$

لتصحيح شدة الاستضاءة $(250\ cd)$ تضرب فى عامل يساوى $6 = \frac{2 X 3000}{1000}$

وعلى ذلك فان شدة الاستضاءة للمصباحين ، فى الاتجاه المحدد ، تساوى

$$6 X 250 = 1500 \quad cd$$

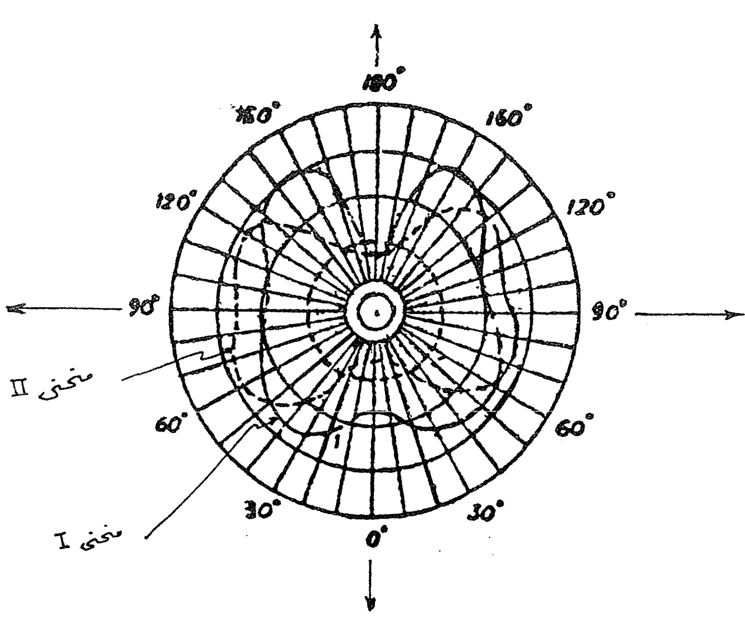
عموماً لكل مصباح منحنى توزيع شدة استضاءة ، مرسوم على خريطة تحتوى على :

- مجموعة دوائر ، كل دائرة تمثل قيمة ثابتة لشدة الاستضاءة (I)
- انصاف اقطار ، كل نصف قطر يحدد اتجاه معين

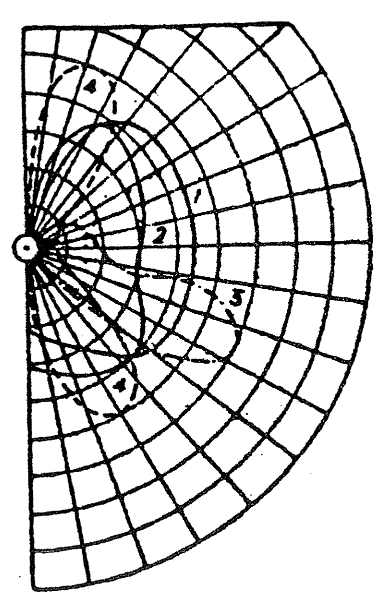
فمثلاً يوضح شكل (2-14) منحنى رقم 1 لتوزيع شدة الاستضاءة لمصباح تنجستن من النوع المفرغ *(Vacuum type tungsten lamp)* ذات فتيلة من النوع الزجزاج . ومنحنى رقم 2 لتوزيع شدة الاستضاءة لمصباح تنجستن مملؤ بالغاز *(gas-filled tungsten lamp)* ذات فتيلة على شكل حلقة افقية ، ويلاحظ فى هذا الشكل ان منحنيات التوزيع تكون متماثلة حول المحور الرأسى ، ولذا يمكن الاكتفاء فقط بتمثيل نصف منحنى توزيع شدة الاستضاءة حول المحور الرأسى ، كما فى شكل (2-15) والذى يوضح منحنيات توزيع شدة الاستضاءة ارقام 1,2,3,4 لانواع مختلفة من المصابيح.فى حالة استخدام عاكس *(reflector)* مع المصباح فان منحنى توزيع شدة الاستضاءة يتغير ، اعتماداً على شكل العاكس المستخدم ، ويوضح شكل (2-16) منحنى توزيع عند استخدام عاكس .

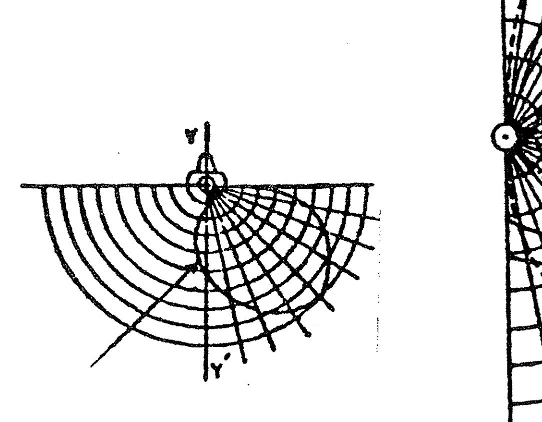
تصنف منحنيات توزيع الضوء الى :

- توزيع ضوء مباشر *Direct light distribution*
- توزيع ضوء مباشر بشكل رئيسى *Mainly direct light distribution*
- توزع ضوء بالتساوى *Eventy distributed light distribution*



شكل (2-14) منحنيات توزيع شدة الاستضاءة لمصباحين مختلفين





شكل (2-15) منحنيات توزيع شدة الاستضاءة لعدد 4 مصابيح مختلفة

شكل (2-16) منحنى توزيع شدة الاستضاءة عند استخدام عاكس

- توزيع ضوء غير مباشر بشكل رئيسى *Mainly indirect light distribution*

- توزيع ضوء غير مباشر *Indirect light distribution*

ويوضح جدول *(2-5)* تعريف كل صنف وتأثير شدة الاضاءة

يختلف منحنى توزيع الضوء تبعاً لعدد المصابيح المستخدمة ونوع المصباح وشكل العاكس .

توضح الاشكال من *(2-17)* إلى *(2-20)* امثلة لمنحنيات توزيع الضوء تبعاً لنوع وعدد المصابيح المستخدمة

ويوضح شكل *(2-21)* نوع عاكس نحصل منه على منحنى توزيع ذى زاوية حادة

بينما يوضح شكل *(2-22)* نوع مصباح يمكن الحصول منه على منحنى توزيع شدة استضاءة بالتساوى كذلك يوضح الشكلين *(2-23)* , *(2-24)* نوعين مختلفين لمنحنى توزيع شدة الاستضاءة .

2-7 حساب شدة الاضاءة بطريقة نقطة بنقطة

لوحدات الاضاءة خارج المبانى ، لايوجد ضوء غير مباشر اضافى منعكس من الحوائط والاسقف.وتعرف طريقة حساب شدة الاضاءة ، فى هذه الحالة ، بطريقة الحساب نقطة بنقطة *(Point-to-point method)* والتى تعتمد على استخدام العلاقة :

$$E = \frac{I \cos\theta}{R^2} = \frac{I \cos^3\theta}{h^2} \qquad \text{................} \quad (2\text{-}9)$$

حيث

I: شدة الاستضاءة عند الزاوية θ ، والتى نحصل عليها من منحنى توزيع الضوء

h : ارتفاع مصدر الضوء عن مستوى المنضدة (التى يتم عندها القياس) كما فى شكل *(2-25)* وتكون القيم القياسية للارتفاع h هى *6 , 7.5 , 9.5 , 12 meter*

ويوضح جدول *(2-6)*قيم E_h(مركبة شدة الاضاءة فى الاتجاه الرأسى) وقيم E_V (مركبة شدة الاضاءة فى الاتجاه الافقى) عند زوايا θ مختلفة وعلى بعد a مختلف وذلك عند شدة استضاءة ، فى اتجاه نقطة القياس ، تساوى *1000 cd*

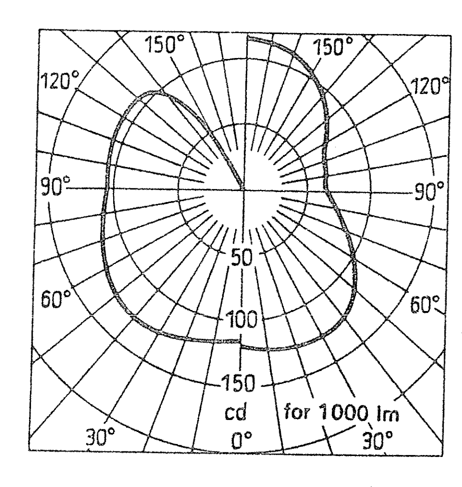
ونحصل على القيمة المتوسطة لشدة الاضاءة (E_m) من متوسط قيم شدة الاضاءة

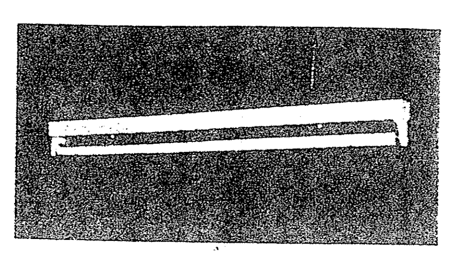
جدول (2-5) انواع منحنيات توزيع شدة الاستضاءة

نوع توزيع الضوء	نظام تثبيت وحدة الإضاءة	منحنى توزيع شدة الاستضاءة	نسبة الضوء		تأثير شدة الاستضاءة
			المتجه الى اعلى	المتجه الى اسفل	
مباشر			0-10%	90-100%	تركيز للضوء مباشر الى اسفل على طاولة الشغل ويكون السقف واعلى الحائط مظلم،ويعلق الى اعلى للحصول على شدة اضاءة متساوية. يسبب بعض مخاطر البهر .
مباشر بشكل رئيسى			10-40%	60-90%	

تابع جدول (5-2)

توزيع بالتساوى (انتشارى)			40-60%	60-40%	-يحقق نصوع للسقف واعلى الحوائط -فيض ضوئى منخفض على السطح الافقى والسفلى-لايوجد بهر ظلال بسيطة متوسطة . توزيع جيد لشدة الاستضاءة عند التعليق على ارتفاع مناسب .
غير مباشر بشكل رئيسى			60-90%	40-10%	
غير مباشر			90-100%	0-10%	الظلال سيئة جداً . لايوجد بهر . توزيع مختار لشدة الاستضاءة بدون اى ضوء مباشر على طاولة الشغل .



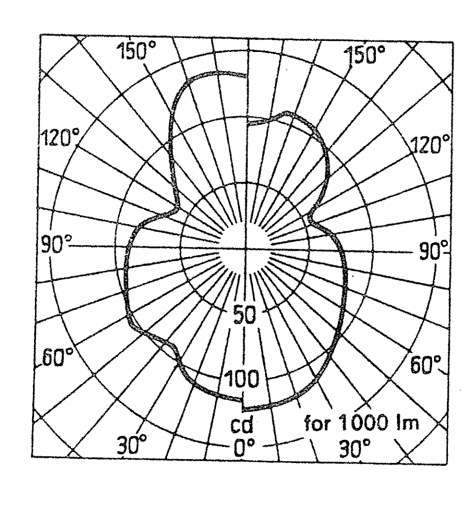


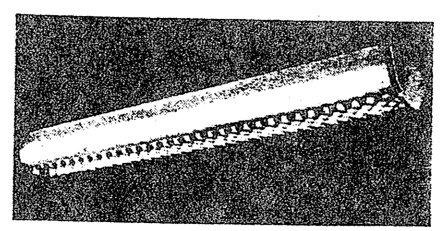
وحدة اضاءة بمصباح فلورسنت

المنحنى الأيسر : مصباح واحد وتوزيع مباشر

المنحنى الايمن : مصباحين وتوزيع مباشر

شكل (2-17) منحنى توزيع شدة الاستضاءة لوحدة اضاءة بمصباح فلورسنت قدرة 20 - 120W وكفاءة 92%



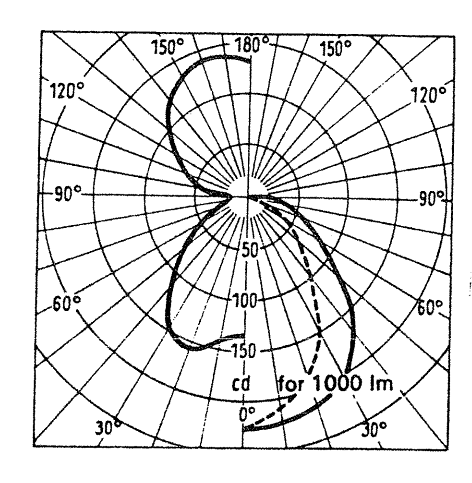


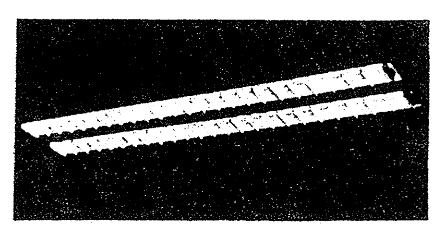
وحدة اضاءة بمصباحين فلورسنت

المنحنى الايسر : مصباحين

المنحنى الايمن : ثلاثة مصابيح

شكل (2-18) منحنى توزيع شدة الاضاءة لوحدة اضاءة بمصباحين فلورسنت قدرة (40-120W) وكفاءة 84%



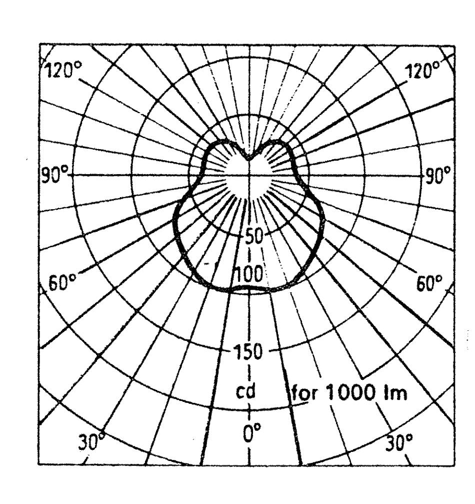


وحدة اضاءة مستطيلة

المنحنى الايسر : مصباح معلق كفاءة 84%

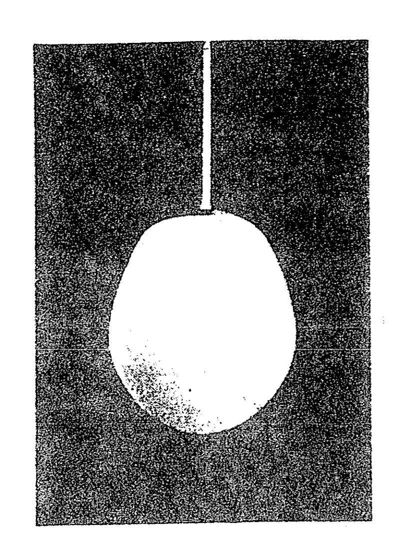
المنحنى الايمن : مصباح مثبت في السقف كفاءة 55%

شكل (2 - 19) منحنى توزيع شدة الاضاءة لوحدة اضاءة مستطيلة قدرة (40 - 120 W)

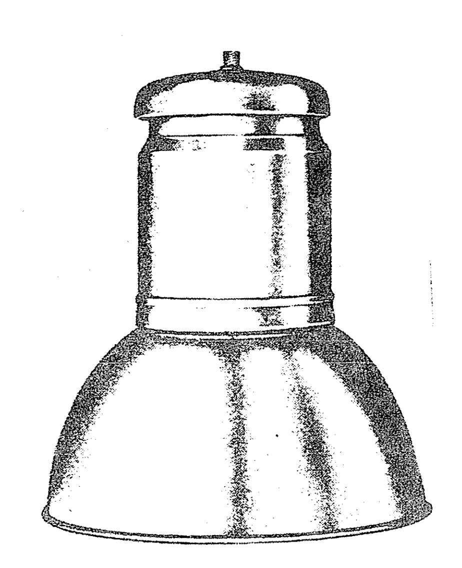




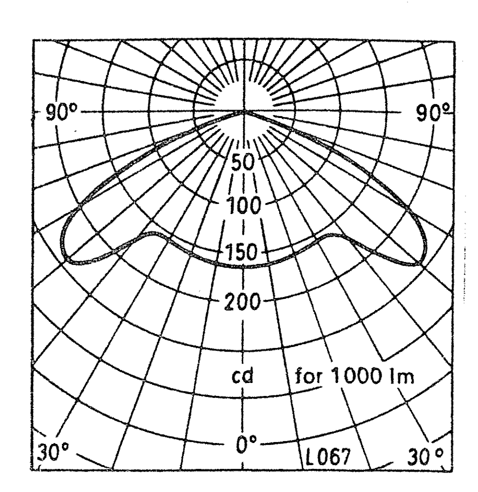
شكل (2 - 20) منحنى توزيع شدة الاضاءة لمصباح فلورسنت قدرة (20 - 65 W) وكفاءة 60%



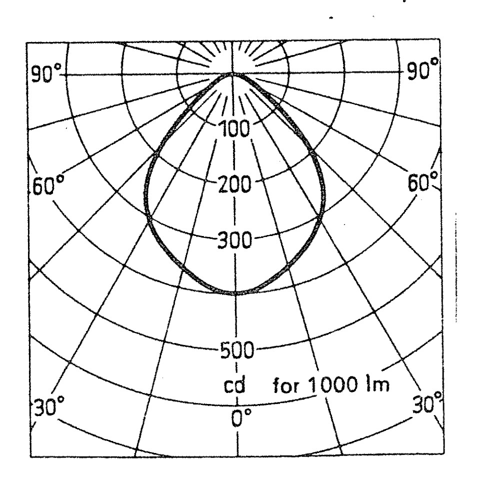
شكل (٢٢ - ٢) مصباح أوبال يعطى توزيع اضاءة بالتساوى



شكل (٢١ - ٢) عاكس كفاءته 80%



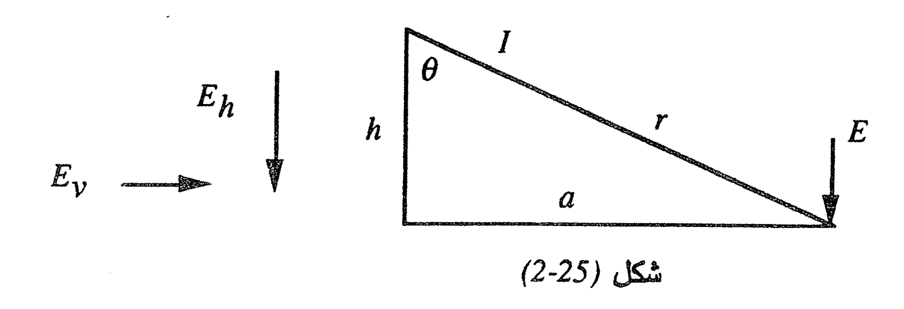
شكل (٢٤ - ٢) منحنى توزيع شدة الاضاءة عند استخدام عاكس مرآة .



شكل (٢٣ - ٢) منحنى توزيع شدة إضاءة مباشر عند استخدام عاكس زاوية حادة .

المحسوبة لعدد كافى من النقط الموزعة بالتساوى على سطح الشغلة المقاس عندها .

تحقق طريقة الحساب نقطة بنقطة نتائج جيدة ، فقط ، عندما يعتبر مصدر الضوء ، عند مسافة مناسبة ، كنقطة .



شكل (2-25)

جدول (2-6)

∢ i in deg	a m	E_h lx	E_v lx	a m	E_h lx	E_v lx
	h = 6 m			h = 9.5 m		
0	0.00	28	0.0	0.00	11.1	0.0
5	0.52	27	2.4	0.85	11.0	0.96
10	1.05	26	4.7	1.7	10.6	1.85
15	1.60	25	6.8	2.5	10.0	2.7
20	2.2	23	8.4	3.5	9.2	3.3
25	2.8	21	9.6	4.4	8.2	3.8
30	3.5	18	10.5	5.5	7.2	4.2
35	4.2	15.5	11.0	6.7	6.1	4.3
40	5.0	12.5	10.5	8.0	5.0	4.2
45	6.0	9.8	9.8	9.5	3.9	3.9
50	7.2	7.4	8.8	11.3	2.9	3.5
55	8.6	5.0	7.4	13.6	2.1	3.0
58	9.6	4.1	6.6	15.2	1.65	2.6
60	10.5	3.5	6.0	16.4	1.40	2.4
62	11.5	2.9	5.4	17.9	1.15	2.2
65	13.0	2.1	4.5	20.4	0.84	1.80
68	15.0	1.45	3.6	23.6	0.58	1.45
70	16.5	1.10	3.1	26.1	0.44	1.20
72	18.5	0.84	2.5	29.3	0.33	1.00
74	21	0.58	2.0	33.2	0.23	0.80
75	22	0.48	1.80	35.4	0.18	0.67
	h = 7.5 m			h = 12 m		
0	0.00	17.8	0.0	0.00	7.0	0.0
5	0.65	17.6	1.55	1.05	6.8	0.60
10	1.3	17.0	3.0	2.1	6.6	1.15
15	2.0	16.0	4.3	3.2	6.2	1.70
20	2.7	14.8	5.4	4.4	5.8	2.1
25	3.5	13.2	6.2	5.6	5.2	2.4
30	4.3	11.6	6.7	7.0	4.5	2.6
35	5.3	9.8	6.9	8.4	3.8	2.7
40	6.3	8.0	6.7	10.0	3.1	2.6
45	7.5	6.3	6.3	12.0	2.5	2.5
50	8.9	4.7	5.6	14.5	1.85	2.2
55	10.7	3.4	4.9	17.0	1.30	1.85
58	12.0	2.7	4.3	19.0	1.05	1.65
60	13.0	2.2	3.8	21	0.86	1.50
62	14.1	1.85	3.5	23	0.72	1.35
65	16.1	1.35	2.9	26	0.52	1.10
68	18.6	0.94	2.3	30	0.37	0.90
70	20.6	0.71	1.95	33	0.28	0.76
72	23.1	0.53	1.65	37	0.21	0.64
74	26.2	0.37	1.30	42	0.145	0.50
75	28.0	0.30	1.10	45	0.120	0.45

الباب الثالث

انـــواع المصابيـــح

Types Of Lamps

تعتمد مصادر الضوء وأنواعه على احد الاساسيات الآتية :

أ - درجة حرارة عالية *(High Temperature)*

فى هذه الحالة ، تشع المصابيح الضوء عند تسخينها الى درجة حرارة عالية .

من امثلة هذه المصابيح : مصابيح الزيت ـ مصابيح الغاز ـ مصابيح الفتيلة المتوهجة .

ب - نوع الفلوري *(Fluorescent Type)*

توجد مواد معينة ، عندما تتعرض للأشعة فوق البنفسجية ، تحول الطاقة الممتصة الى اشعاعات ذات اطوال موجات تقع فى حدود الموجات المرئية من أمثلة هذه المصابيح : المصابيح الفلورسنت ـ مصابيح بخار الزئبق

جـ - نوع التفريغ الغازي *(Gas-discharge Type)*

عند مرور تيار كهربى خلال غاز أو بخار مادة ، وتحت ظروف معينة ، تتكون اشعاعات مرئية . ومن أمثلة المصابيح التى تعمل بهذه الفكرة : مصابيح بخار الزئبق والصوديوم .

وفيما يلى توضيح لانواع مصابيح الاضاءه .

1- **مصباح القوس الكربوني** *(Carbon arc lamp)*

من أقدم انواع المصابيح المتوهجة والذى نحصل منه على ضوء نتيجة حدوث قوس بين قطبين من الكربون . ويوجد نوعين من هذا المصباح :

- مصباح قوس كربوني يعمل بالتيار المستمر *D.C*

يغذى المصباح بجهد مستمر *D.C* تتراوح قيمته بين *50,42* فولت ، كما فى شكل *(3-1)* وللحصول على القوس يتلامس القطبين ثم ينفصلا، عندما يتلامس القطبين يمر التيار وعندما ينفصلا يستمر مرور التيار خلال الثغرة الهوائية بينهما ، وينتج القوس .

تعتبر المسافة بين القطبين موصل وذلك لاحتوائها على بخار الكربون . تتحرك ذرات الكربون من القطب السالب الى القطب الموجب محدثة نقرة على القطب الموجب . وتكون درجة حرارة القطب السالب 2500 درجة مئوية عند الحصول على ضوء 5% فقط . وعند درجة حرارة اعلى للقطب الموجب يكون الاستهلاك سريع جداً ، والذى يكون ضعف قيمة القطب السالب وللحفاظ على معدل استهلاك مساويا للقطب الموجب يكون قطر القطب الموجب ضعف القطب السالب . وللحفاظ على طول قوس ثابت فانه يتم الضبط يدوياً أو آلياً ، وذلك لأنه عند طول قوس معين يمكن ان يطفأ القوس . يتراوح طول القوس بين *3 mm - 6.5 mm* ويضاف عاكس يعكس الاشعة بالاضافة الى زجاج للحماية .

- مصباح قوس كربوني يعمل بالتيار المتردد *(A.C)*

فى هذا النوع يستخدم قطبين بنفس المقاس ، ويحتاج لمصدر جهد يتراوح بين *50-55* فولت ويوضح شكل *(3-2)* هذا النـــوع ، يـــتراوح طـــول القوس بين *3 mm- 6.5mm* وتستخدم مصابيح القوس الكربونى فى آلات العرض بالسينما وفى الكشافات *(Search lights)* .

-2 المصابيح المتوهجة *(Incandescent Lamps)*

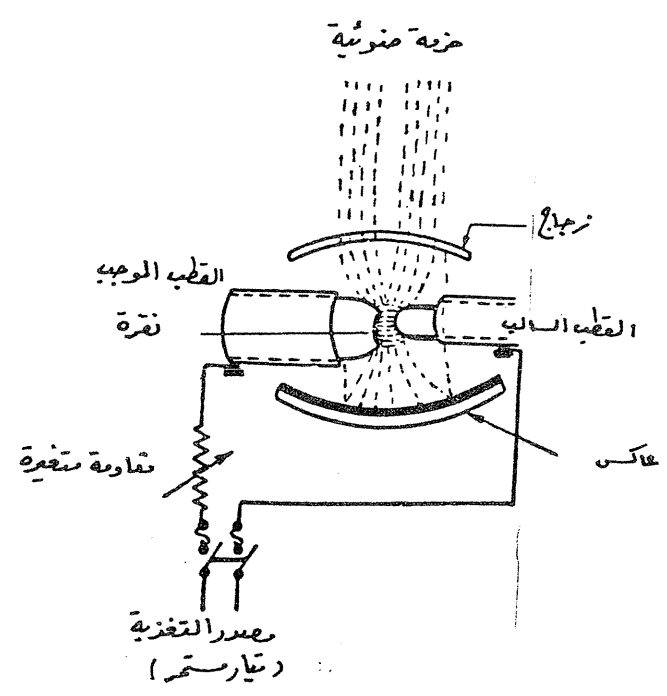
أو المصابيح ذات الفتيلة *(Filament Lamps)*

تنتج المصابيح المتوهجة ضوء عند تسخين السلك (أو الفتيلة) ، ويتوهج عند مرور تيار كهربى به . وتعمل الفتيلة المتوهجة فى وسط مفرغ من الهواء *(vacuum)* أو وسط يحتوى على غاز خامل *(Inert gas)* حيث يمنع هذا الوسط سرعة الاخماد .

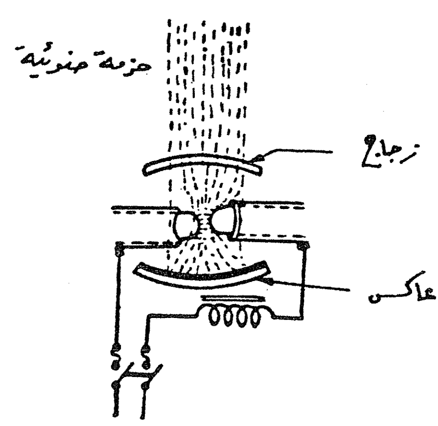
يوضح شكل *(3-3)* مكونات المصباح المتوهج .

تسخن الفتيلة التنجستن *(Tungsten)* الى درجة حرارة حوالى *2400 °c* ، والتى تبعث اشعاعات فى الحدود المرئية .

واعتماداً على قدرة وجهد المصباح ، يحدد قطر سلك الفتيلة التنجستن ، والتى يمكن ان يكون اقل من *10* ميكرون (الميكرون = 10^{-3} مم) (يمكن تخيل هذا السمك اذا علم ان سمك شعرة الرأس حوالى *60* ميكرون) ويكون الطيف الضوئى الناتج من المصباح المتوهج مستمر اى انه يحتوى على جميع الالوان ، ولكن تزيد نسبياً الاشعاعات الحمراء والصفراء وتقل الاشعاعات الزرقاء والبنفسجى .



شكل (٣-١) مصباح القوس الكربوني يعمل بمصدر تيار مستمر .



شكل (٣-٢) مصباح القوس الكربوني يعمل بمصدر تيار متردد

يتغير ناتج الضوء للمصابيح المتوهجة من حوالى *10 lm/w* فى حالة المصابيح ذات القدرات الصغيرة الى *18 lm/w* فى حالة المصابيح ذات القدرات العالية .

وتكون كفاءة المصابيح ذات القدرات العالية مرتفعة وذلك لاحتوائها على فتيلة سميكة تتحمل درجات حرارة التشغيل العالية .

تفرغ المصابيح ذات القدرات الصغيرة من الهواء لمنع الفقد الحرارى عند التوصيل والتحميل وأيضاً لمنع تأكسد الفتيلة .

تملأ المصابيح ذات القدرات الكبيرة بمخلوط من النيتروجين *(Nitrogen)* والارجون *(Argon)* وذلك لمنع تبخر الفتيلة التنجستن .

ويرجع السواد الموجود بغلاف المصباح الى ترسب بخار التنجستن على السطح الداخلى . ومع استخدام المصباح يقل ناتج الضوء تدريجياً . ويكون الانخفاض الكلى فى ناتج الضوء حوالى *15%* خلال العمر الكلى للمصباح .

انواع المصابيح المتوهجة :

أ - مصابيح الزجاج الشفاف *(Clear glass Lamp)*

هذا النوع يمتص اقل كمية من الضوء ولكن نتيجة لنصوع الضوء العالى فانه يحتاج الى حاجز من الواجهة المباشرة للفتيلة . ويستخدم عند الاحتياج الي اضاءة قوية .

ب - مصابيح الزجاج المصنفر من الداخل *(Inside frosted glass lamps)*

يكون زجاج المصباح الداخلى مصنفر من الداخل بأسلوب الحفر الحامضى *(acid etching)* وبذلك تحجب الفتيلة ويعطى المصباح ضوء منتشر . ويفضل هذا النوع على مصباح الزجاج الصافى (الشفاف)

جـ- المصابيح المغلفة بالسيليكا البيضاء *(White silica coating lamps)*

وتعرف أيضاً باسم المصباح الفضى *(Argent lamp)*

يغلف الزجاج الداخلى للمصباح بالسيليكا وتنتج هذه المصابيح ضوء اكثر انتشاراً. يمتص المصباح حوالى *6%* من الضوء ، ويفضل هذا المصباح على المصباح الزجاجى الصافى .

ء - **المصابيح الملونة** *(Colored Lamps)*

تستخدم المصابيح الملونة لاغراض الزينة ولإضاءة فترينات العرض .

هـ- **مصابيح عاكسة** *(Reflector Lamps)*

تجهز المصابيح العاكسة بمرآة داخلية ذات كفاءة عالية ويأخذ المصباح شكل القطع المكافئ .

هذا النوع لايتأثر بالعوامل الخارجية والتى تسبب الصدأ والتلوث .... ولذلك يكون هذا النوع مناسباً للإضاءة خارج المبانى ويكون عمر تشغيلها حوالى *2000* ساعة بالمقابل لعمر تشغيل المصابيح العادية والتى تتروح بين *750-1000* ساعة .

ويتخذ ناتج الضوء اتجاه محدد نتيجة وجود المرآة الداخلية .

رأس المصباح *(Lamp Cap)*

يجهز رأس المصباح بوسيلة لتثبيته فى دواة المصباح *(Lamp-holder)* ويوجد نوعان هما :

- النوع ذو المسمارين *(Bayonet Type)*
- النوع اللولبى *(Screw Type)*

ويوضح شكل *(3-4)* هذين النوعين

يحتوى جدول *(3-1)* على الفيض الضوئى والقدرة والكفاءة لانواع المصابيح المتوهجة والتى تعمل بجهد تشغيل *220 V* وتستخدم لأغراض عامة ولها متوسط عمر حوالى *1000* ساعة .

غلاف المصباح (البصيلة الزجاجية) *(Bulb)*

توجد انواع متعددة لغلاف المصباح تبعاً لنوع الزجاج المستخدم او تبعاً لشكل الغلاف وفيما يلى تصنيف كل نوع :

- **نوع الزجاج :**

شفاف ـ مصنفر من الداخل ـ ابيض ـ مفضض ـ ملون بطلاء داخلى ـ ملون بطلاء خارجى ـ ملون .

جدول (3-1) الفيض الضوئى وكفاءة المصابيح المتوهجة جهد 220V ذات قدرات مختلفة

نوع المصباح المتوهج	القدرة Watt	الفيض الضوئى Lm	الكفاءة Lm / watt
مصباح مفرغ ، مصنفر داخليا	15	120	8.00
	25	230	9.20
مصباح مملوء بالغاز ، فتيلة ملفوفة ، مصنفر داخلياً .	40	430	10.75
	60	730	12.16
	100	1380	13.80
	200	2950	14.75
مصباح مملوء ، فتيلة احادية ملفوفة واضحة	300	4750	15.83
	500	8400	16.80
	1000	18800	18.80
	1500	30000	20.00
	2000	40000	20.00
مصباح ارجنتا ، مملوء غاز ، مغلف بالداخل بالسيلكا والفتيلة ملفوفة	40	400	10.00
	60	670	11.16
	100	1280	12.80
	200	2750	13.75

شكل الغلاف :

يخضع شكل الغلاف لرموز- متفق عليها عالمياً- لتميز الشكل العام للغلاف

يوضح جدول (3-2) الرموز المستخدمة

كذلك يوضح شكل (3-5) اشكال ورموز غلاف المصباح .

جدول (3-2) رموز أشكال الأغلفة

الرمز	A	C	F	G	PAR	PS,P	R	S	T
شكل الغلاف	الشكل القياسى	شكل مخروطى	شكل اللهب	شكل انتفاخى	عاكس على شكل قطع زائد	شكل كمثرى	عاكس	مستقيم الجوانب	شكل انبوبة

تيار بداية التشغيل للمصابيح المتوهجة

(Starting current of incandescent lamps)

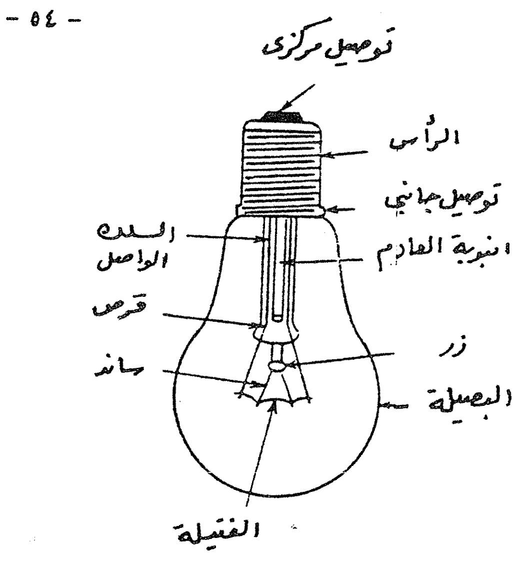
تحتاج المصابيح المتوهجة لتيار بداية تشغيل يمثل حوالى 14مرة من التيار المقنن للمصباح ويستقر هذا التيار إلي قيمة تيار التشغيل المقنن بعد حوالي 40 مللي ثانية (ويزيد الزمن قليلاً للقدرات المرتفعة) . ويوضح شكل (3-6) العلاقة بين تيار بداية التشغيل والزمن لمصابيح ذات قدرات مختلفة .

تأثير تغير الجهد على المصابيح المتوهجة

(Effects of Voltage Variation on Incandescent Lamps)

يؤثر تغير الجهد علي خصائص المصابيح المتوهجة . فالزيادة في الجهد بقيمة 5% تؤدى إلي زيادة فى ناتج كثافة الضوء (لومن) بحوالي 20% وتقلل عمر التشغيل الى النصف . وإذا انخفض الجهد بقيمة 5% ينخفض ناتج كثافة الضوء (لومن) بحوالى 20% ويصبح لون الضوء أحمر واضح ويتضاعف عمر تشغيل المصباح .

ويوضح جدول (3-3) تأثير تغيير الجهد علي عمر التشغيل وعلى الفيض الضوئى للمصابيح المتوهجة المستخدمة فى الاغراض العامة .

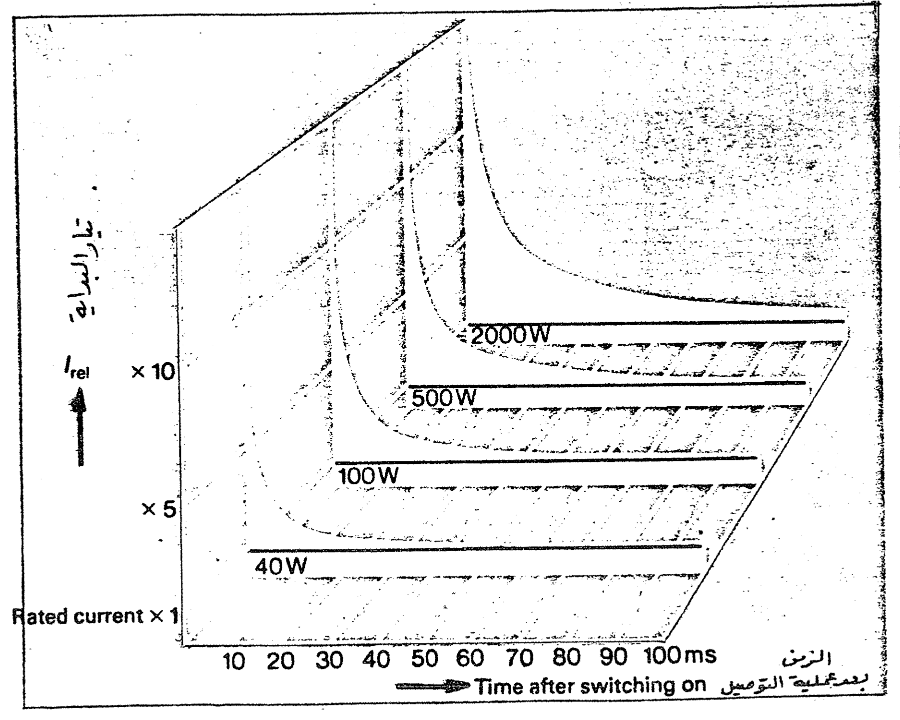


شكل (3-3) المصباح المتوهج

النوع اللولبى

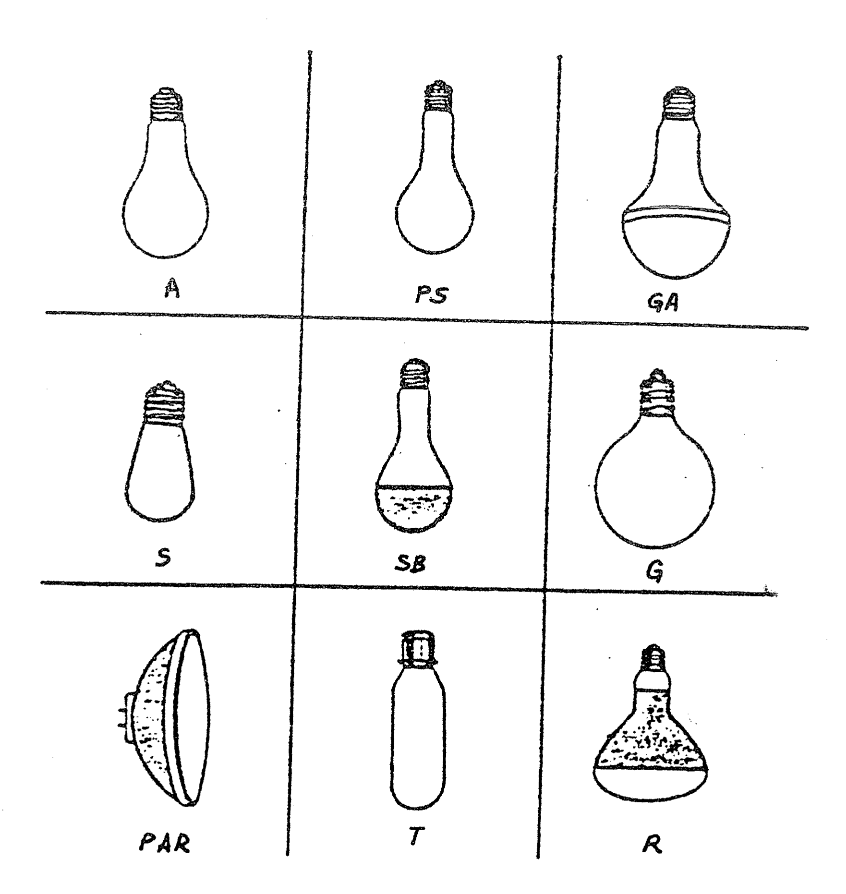
النوع ذو المسمارين

شكل (4-3) رأس المصباح المتوهج



شكل (6-3) تيار البداية للمصابيح المتوهجة

«الاضاءة وتوفير الطاقة»



شكل (3-5) اشكال ورموز غلاف المصابيح المتوهجة

جدول *(3-3)*

الجهد كنسبة مئوية من الجهد المقنن للمصباح	عمر التشغيل كنسبة من متوسط عمر التشغيل	الفيض الضوئى كنسبة من الفيض الضوئى المقنن عند الجهد المقنن
90	440	70
95	200	85
100	100	100
105	50	120
110	25	145

ويوضح شكل *(3-7)* التغير في قدرة الاستهلاك *(watt)* ، مخرج الضوء *(Lm)* الكفاءة الضوئية *(lm/w)* ، وعمر التشغيل للمصابيح المتوهجة وذلك عند تغير الجهد

إذا كان V_1 هو الجهد المسلط على المصباح

V هو الجهد المقنن للمصباح

فإنه يمكن التعبير عن تأثير التغير في الجهد علي الخصائص المختلفة للمصابيح المتوهجة تبعاً للعلاقات الآتية :

$$\frac{\text{الفيض الضوئى}}{\text{الفيض الضوئى المقنن}} = \frac{\text{Luminous flux}}{\text{Rated luminous flux}} = \left(\frac{V_1}{V}\right)^{3.55}$$

$$\frac{\text{قدرة الإستهلاك}}{\text{قدرة الإستهلاك المقننة}} = \frac{\text{Wattage}}{\text{Rated Wattage}} = \left(\frac{V_1}{V}\right)^{1.55}$$

$$\frac{\text{الكفاءة الضوئية}}{\text{الكفاءة الضوئية المقننة}} = \frac{\text{Luminous efficacy}}{\text{Rated luminous efficacy}} = \left(\frac{V_1}{V}\right)^{2}$$

$$\frac{\text{عمر التشغيل}}{\text{عمر التشغيل عند الجهد المقنن}} = \frac{\text{Life}}{\text{Life at rated voltage}} = \left(\frac{V_1}{V}\right)^{-14}$$

ويمكن التعبير عن التغير فى الفيض الضوئى بدلالة التيار حيث يتناسب الفيض الضوئى مع I^5

مما سبق يتضح أنه من الأهمية تشغيل المصابيح المتوهجة عند قيمة جهد قريبة بقدر الإمكان للقيمةالمصمم عندها المصباح حيث أن تشغيل مصباح مصمم عند جهد مقنن $220V$ على جهد مصدر $250V$ (أو بالعكس) يمثل تشغيل غير إقتصادى .

والخصائص التقنينية للمصابيح المتوهجة هى كالآتى :

- حدود الكفاءة الضوئية من 8 إلى 20 (لومن / وات) كما هو واضح فى جدول (3-1) .
- لا تؤثر درجة الحرارة المحيطة على الفيض الضوئى للمصباح
- يكون متوسط عمر التشغيل ، عند الجهد المقنن ، حوالى 1000 ساعة
- يؤثر تغيير الجهد على خصائص تشغيل المصباح
- يكون لون الضوء أصفر ضارب للحمرة
- يكون متوسط قيمة النصوع من $100cd/cm^2$ إلى $2000cd/cm^2$ للمصباح ذو الزجاج النقى . بينما يتراوح من 5 إلى 50 للزجاج المسنفر داخلياً أخيراً يكون فى حدود من 5-1 للزجاج المغلف داخلياً بالسليكون
- للمصابيح ذات المقنن الأعلى من $40w$ لا يحدث تقلب مرئى فى شدة الإستضاءة عند تردد المصدر $50\ Hz$ والترددات الأعلى
- يحتاج المصباح المتوهج إلى تيار بداية تشغيل حوالى 14 مرة التيار المقنن
- يمكن اعادة تشغيل المصباح لحظياً
- لا يسبب أية تداخلات مع موجات الراديو

تطورت صناعة المصابيح المتوهجة وكانت مصابيح التنجستن الهالوجينية (Halogen) آخرها والتي تمتاز بعدة مميزات عن المصباح العادي . ويتكون المصباح من فتيلة من التنجستن ويضاف الى غاز المصباح هالوجينات بنسبة محددة . وتتكون الهالوجينات من : اليود والكلور والبروم والفلور وميزتها الرئيسية انها تمنع تراكم بخار

التنجستن علي غلاف المصباح ولكن يتراكم هذا البخار علي الفتيلة .

يصنع هذا النوع على شكل انبوبة صغيرة الحجم بالنسبة لحجم المصباح العادى .

وتكون مميزات مصابيح الهالوجين كالآتى :

- لا تحدث نقط سوداء علي زجاج المصباح ، وعلى ذلك لا يحدث أى انقاص فى ناتج الضوء .

- تتناسب الكفاءة الضوئية مع الزيادة فى درجة حرارة التشغيل ، وتزيد الكفاءة الضوئية من *25* إلى *33* (لومن/وات) أى أن الكفاءة تزيد *50%* عن المصابيح المتوهجة العادية .

- عمر تشغيل أطول

- يقل حجم المصباح ويوضح شكل *(3-8)* مقارنة بين مصباح متوهج *1000 w* ومصباح هالوجين *1000 w*

- أداء ضوئى افضل

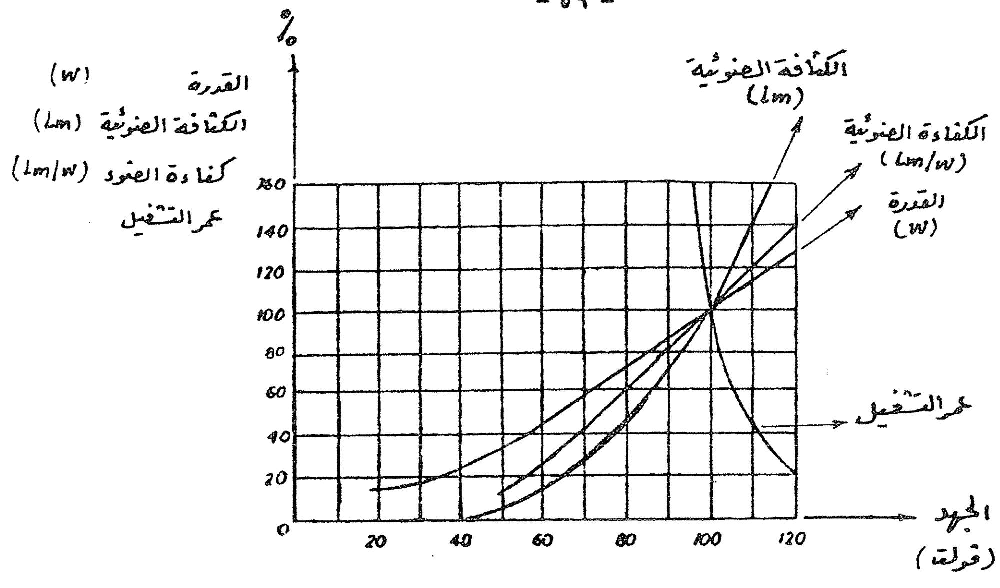
تصل قدرة مصابيح الهالوجين الى *5 Kw* وتكون مناسبة للإضاءة خارج المباني مثل المطارات وصالات الالعاب الرياضية و........

الفتيلة *(Filament)*

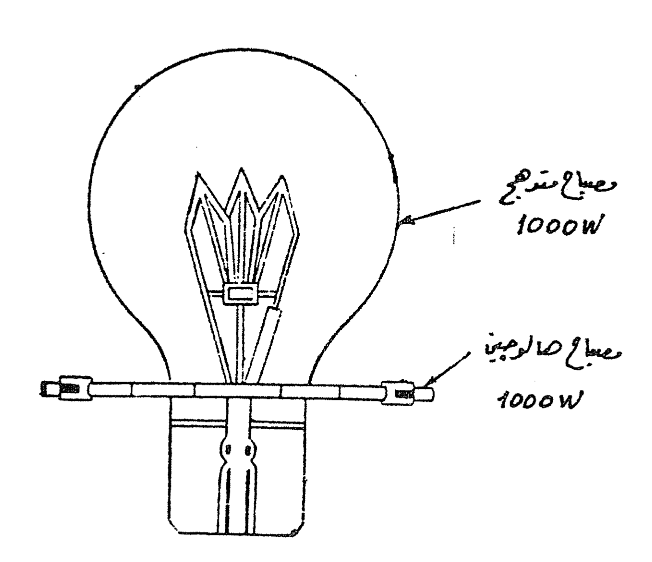
تصنع الفتيلة بأشكال مختلفة كما في شكل *(3-9)* ، وتستخدم الحروف التالية لتميز شكل سلك الفتيلة :

- الحرف *S* يعني سلك مستقيم
- الحرف *C* يعني سلك ملفوف
- الحرفان *CC* يعني سلك علي شكل ملف ملفوف
- الحرف *R* يعني فتيل مصنوع من سلك عريض

يفترض أن المصباح المتوهج يعمل عند درجة حرارة وكفاءة ثابتة وأن أغلب السخونة الناتجة في زمن محدد ، تفقد بواسطة الاشعاع وذلك في حالة ما اذا كان التفريغ جيد ، وبمعنى آخر أن :



شكل (3-7) العلاقة بين قدرة الاستهلاك والكثافة الضوئية والكفاءة وعمر التشغيل للمصابيح المتوهجة مع تغير الجهد .



شكل (3-8) مقارنة بين حجم مصباح متوهج ومصباح هالوجين 1000 W

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

ملفوف	اهتزازى	سلك عريض (R)
ذو سطحين	أحادى السطح	ملف ملفوف (CC)
C9	C13	C7
C2R	C2V	C6

شكل (9-3) أشكال ورموز فتيلة المصابيح المتوهجة

الحرارة الناتجة/ثانية = المفقودات الحرارية/ ثانية (بواسطة الاشعاع)

وتكون العلاقة بين التيار وقطر سلك الفتيلة كالآتي :

القدرة المأخوذة $= I^2R = I^2 \frac{\rho l}{A} = \frac{I^2 \rho l}{\pi d^2/4} = I^2 \left(\frac{4\rho l}{\pi d^2}\right)$

حيث

I = تيار الفتيلة (أمبير)

A = مساحة مقطع سلك الفتيلة

l = طول الفتيلة

d = قطر الفتيلة

ρ = مقاومية معدن الفتيلة عند درجة حرارة التشغيل

وتتناسب الحرارة المشعة لكل ثانية من السطح مع مساحة السطح وانبعاثيه المعدن (emissivity) كالآتى :

$$I^2 \left(\frac{4 \rho l}{\pi d^2}\right) \propto l.\ \pi d.\ \sigma$$

حيث σ تعبر عن الانبعاثية

اى ان :

$$I^2 \propto d^3$$

$$I \propto d^{1.5}$$

$$d \propto I^{2/3}$$

عموماً إذا استخدمت فتيلتان من نفس المعدن ويعملا عند نفس درجة الحرارة والكفاءة فإن العلاقة السابقة تصبح

$$\left(\frac{I_1}{I_2}\right)^2 \propto \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^3$$

وعلى ذلك لفتيلتين تعملان عند نفس درجة الحرارة ، يكون الفيض لكل وحدة مساحة متساوياً . فاذا كان لهما طولين L_2 , L_1 والقطرين هما d_2 , d_1 فان

كثافة الفيض $\alpha L_1 d_1 \alpha \; L_2 d_2$

$L_1 d_1 = l_2 d_2 =$ ثابت

وتصنع حالياً فتيلة اغلب المصابيح المتوهجة من مادة التنجستن والتى تمتاز بهذه الخصائص :

- درجة انصهار عالية وبالتالى درجة حرارة تشغيل عالية
- ضغط بخار منخفض *Low vapour pressure*
- مقاومة نوعية عالية ومعامل درجة حرارة منخفض
- مرونة *(Ductibility)*
- اجهاد ميكانيكى كافى للتغلب على الاهتزازات

طرق تركيب المصابيح المتوهجة *(Fittings for Incandescent lamps)*

جميع مصادر الضوء عامة والمصابيح المتوهجة خاصة ، لها نصوع عالى جداً يسبب بهر . لذا فمن الضرورى استخدام وسائل مساعدة مع المصابيح لها اغراض متعددة منها :

- منع البهر عن طريق حجب مصدر النصوع فى اتجاه النظر
- تسليط الضوء مباشرة على طاولة الشغل

تصنف الوحدات المساعدة مع المصابيح المتوهجة كالآتى :

أ - عاكسات *(Reflectors)*

ويوجد منها نوعين هما عاكسات انتشار *(diffusing)* وعاكسات مرآوية *(mirror)* .

ب - ناشرات *(Diffusers)*

وفيما يلى توضح للبعض هذه الانواع :

عاكسات انتشار *Diffusing Reflectors*

فى هذه العاكسات يكون السطح العاكس اما مدهون بطلاء ابيض مثبت بالحرارة او طلاء ابيض زجاجى . ويفضل استخدام النوع ذى طلاء ابيض زجاجى فى الاماكن

الرطبة وللاضاءة خارج المبانى . ويوضح شكل (3-10) عاكس قياسى ومنحنى توزيع اضاءة مصباح 1000 w , 17,800 lm . ويستخدم على ارتفاعات عادية . بينما يوضح شكل (3-11) نوع آخر يعرف باسم عاكس الحزمة الضيقة (narrow beam reflector) والذى يستخدم فى المبانى ذات الاسقف المرتفعة مثل مصانع الصلب ويكون الحجم القياسى لعاكسات التشتت كالآتى :

- القطر 450 mm ويكون مناسباً للمصابيح المستخدمة لاغراض الاضاءة العادية وللقدرات 300-500w وايضاً لمصابيح الضغط العالى قدرة 250 watt

- القطر 350 mm ويكون مناسباً للمصابيح المستخدمة لاغراض الاضاءة العامة والقدرات 60-200 watt وأيضاً للمصابيح الزئبقية قدرة 80 watt

ويوضح شكل (3-12) عاكس من نوع الزاوية (Angle type reflector) ومنحنى توزيع الاضاءة ويستخدم لإضاءة المستويات الرأسية .

عاكسات مرآوية (Mirror reflectors)

هذه العاكسات لها سطح مصقول ناعم من الزجاج المفضض (Silvered glass) او لوح نحاس مغلف بالكروم (Chrome-plated copper sheet) أو الومنيوم معالج آنودياً (Anodised aluminium) وفى النوع الأخير يتم معالجة اسطح الالومنيوم معالجة كيمائية خاصة .

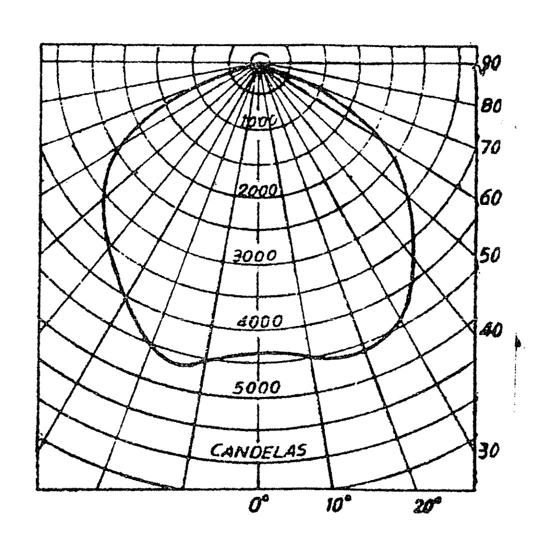
ويوضح شكل (3-13)منحنى توزيع الاضاءة فى حالة استخدام عاكس مرآوى .

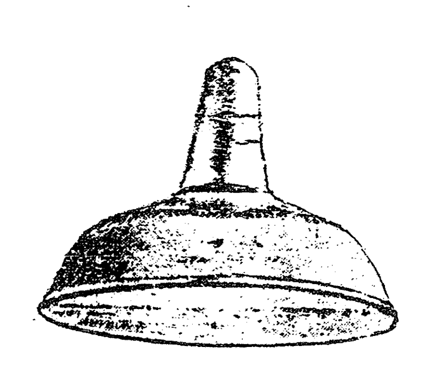
وتصنف العاكسات المرآوية الى حزمة ضيقة او متوسطة او واسعة تبعاً لزاوية التباعد (divergence angle) وهى الزاوية التى يكون عندها شدة الاستضاءة اعلى من نسبة محددة (عادة 20%) من اقصى قيمة . ويمكن ان تكون الزاوية $2X5^\circ$ او $2X10^\circ$ او $2X20^\circ$

تعطى عاكسات الزاوية الضيقة حزمة ضوئية مركزة فى نقطة لها شدة عالية وتستخدم للاضاءة الموضعية.بينما تستخدم العاكسات ذات الزاوية الواسعة عند اضاءة مساحات واسعة .

الناشرات (Diffusers)

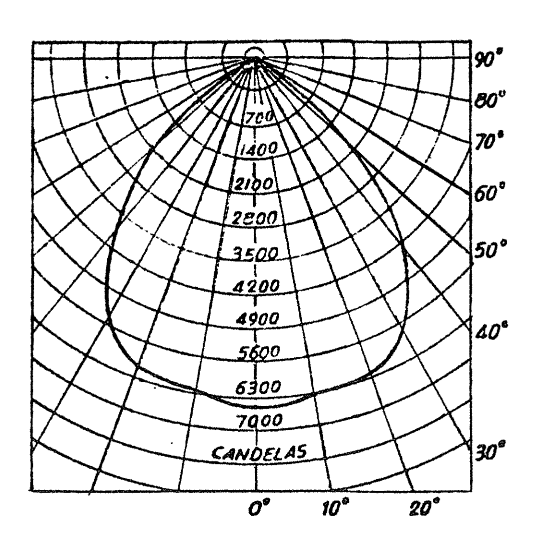
وتكون على شكل كروى او سلطانية او اسطوانة مصنوعه من زجاج الاوبال (Opal) او الميثاكريليت ، ملح حمض الميثاكريليك ، (methacrylate) او البوليستر (Polyester) ويكون الميثاكريليت عبارة عن معدن لدن بالحرارة (Thermoplastic)

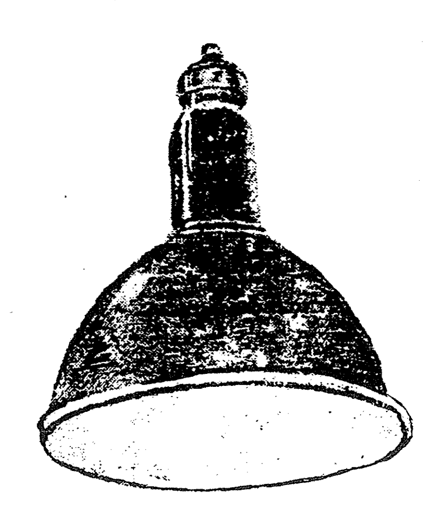




عاكس قياسي

شكل (3-10) منحنى توزيع شدة الاستضاءة لمصباح متوهج 1000W وباستخدام عاكس قياسي.





عاكس الحزمة الضيقة

شكل (3-11) منحنى توزيع شدة الاستضاءة لمصباح متوهج 1000W وباستخدام عاكس الحزمة الضيقة.

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

مقوى بزجاج ليفى ويصنع على شكل اوبال .

المعادن اللدنة بالحرارة لاتناسب درجات الحرارة العالية ولذا تستخدم فقط مع المصابيح ذات القدرات المنخفضة .

تستخدم زاوية القطع (*Cut-off angle*)لتوصيف العاكسات ، والتى تعرف بانها الزاوية بين المستوى الافقى ، خلال التعليق ، وخط الابصار ، ويوضح شكل (*3-14*)تعريف زاوية القطع . وعند تعليق المصباح يجب مراعاة ان هذه الزاوية لاتقل عن° *20* ويمكن التحكم فى الزاوية عن طريق تغيير ارتفاع وضع المصباح .

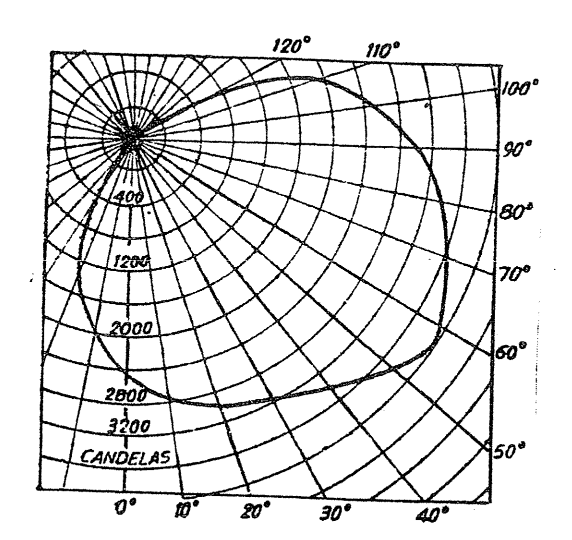
مصابيح التفريغ الغازي (*Gas Discharge Lamps*)

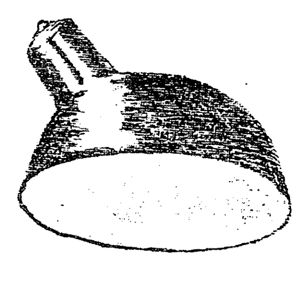
حلت مصابيح التفريغ الغازى مكان المصابيح المتوهجة بتوسع كبير جداً نتيجة كفاءتها الأعلى .

وتصنف مصابيح التفريغ الغازى الى :

- مصابيح التفريغ الغازى منخفض الضغط (*Low pressure gas discharge lamps*) مثل مصابيح الفلورسنت ومصابيح بخار الصوديوم
- مصابيح بخار الزئبق عالى الضغط (*High pressure mercury vapour lamps*)

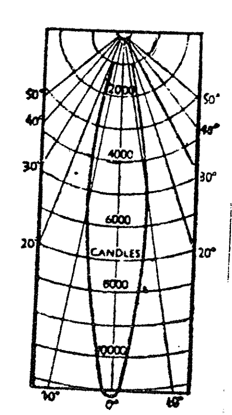
تعتمد مصابيح التفريغ الغازى على تحويل غاز البدء من وسط عازل الى وسط موصل للكهرباء والتحول من حالة التفريغ التوهجى يخلق جهد عالى بين الالكترودين الى حالة التفريغ القوسى المستقر والذى يمكنه من امرار تيار كهربى بين الالكترودين نتيجة التفريغ يتولد اشعاع يقع اغلبه فى الجزء غير المرئى من الطيف ـ فوق البنفسجى ـ ويتولى المسحوق الفوسفورى المبطن للغلاف الداخلى للمصباح لتحويله الى اشعاع مرئى حيث ان من خواص هذا المسحوق امتصاص طاقة الاشعاع واعادة انبعاثها كإشعاع مرئى اى كضوء . العناصر الاكثر شيوعاً والمستخدمة فى عمليات انتاج الضوء بالتوصيل الغازى هى النيون (*neon*)وبخار الزئبق ويعتمد لون (اى طول الموجة) الضوء الناتج على طبيعة الغاز او البخار . فمثلاً يكون الضوء الناتج عند



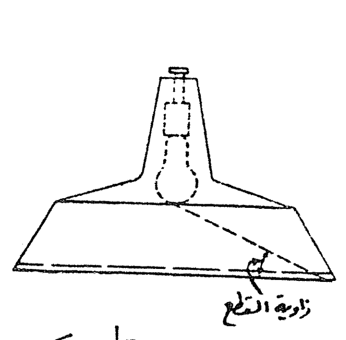


عاكس زاوية

شكل (3-12) منحنى توزيع شدة الاستضاءة لمصباح متوهج وباستخدام عاكس زاوية .



شكل (3-13) منحنى توزيع شدة الاستضاءة عند استخدام عاكس مرآوى



شكل (3-14) زاوية القطع للعاكس

التفريغ فى النيون هو احمر برتقالى . وعند استخدام بخار الزئبق يكون اخضر مائل الى الزرقة بينما يكون اللون اصفر برتقالى عند استخدام بخار الصوديوم .

يوضح شكل *(3-15)* فكرة مبسطة لمصباح التفريغ فى الغاز . تعتبر الغازات أساساً موصلات ضعيفة التوصيل خاصة عند الضغط الجوى والضغوط الأعلى ، ولكن عند تسليط جهد مناسب (والذى يعرف بجهد الإشعال *Ignition voltage*) بين القطبين يحدث تفريغ فى الغاز يصاحبه إشعاعات كهرومغناطيسية . وتعتمد طول موجة هذه الإشعاعات على الغاز وضغطه والمادة المتبخرة المستخدمة .

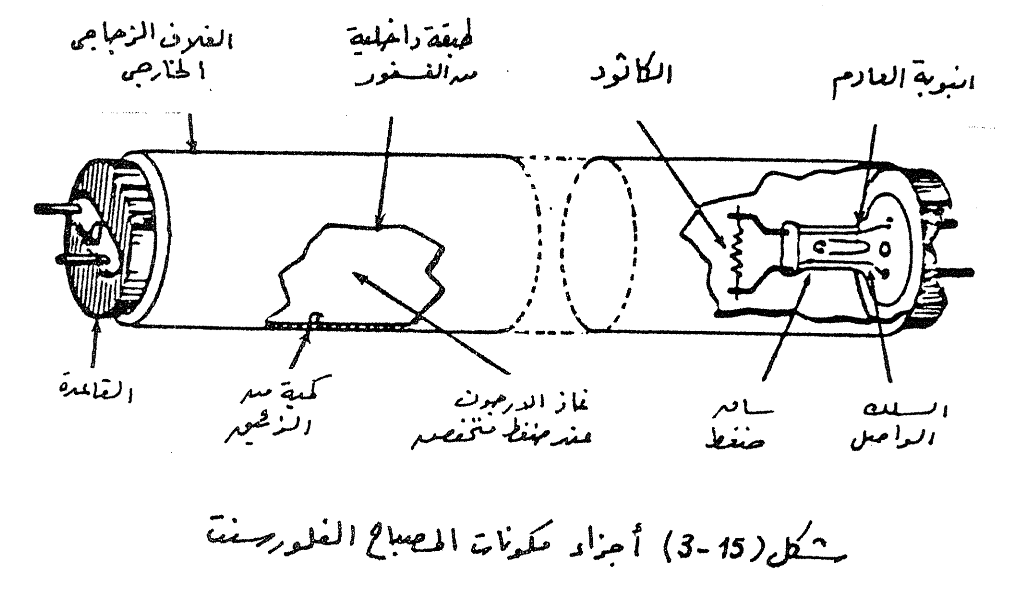
ومن الشائع تجارياً فى صناعة مصابيح التفريغ فى الغاز إستخدام غاز الأرجون *(Argon)* وبخار الصوديوم والزئبق .

عندما يبدأ التأين فى الغاز ، ويستمر فى الزيادة ، يصحب ذلك إنخفاض فى مقاومة الدائرة أى أن المصباح يخضع لخاصية المقاومة السالبة . وللتغلب على التيار ذى القيمة العالية الغير عادية يلزم إستخدام وسيلة للحد من قيمة هذا التيار إلى قيمة مناسبة مأمونة ويتم ذلك بإستخدام ملف خانق (*Chock*) أو كابح تيار(*Ballast*) فى دائرة مصدر التغذية . ويكون للملف الخانق غرضين هما تجهيز جهد بداية الإشعال ثم الحد من قيمة التيار وإستقراره . ويكون معامل القدرة للملف الخانق منخفض (نتيجة الحث الذاتى للملف) حوالى *0.3-0.4* فقط ويحسن معامل قدرة مصابيح التفريغ فى الغاز بإستخدام مكثفات والتى يمكن أن تكون مفردة مع كل مصباح أو مجمعة مع مجموعة مصابيح.

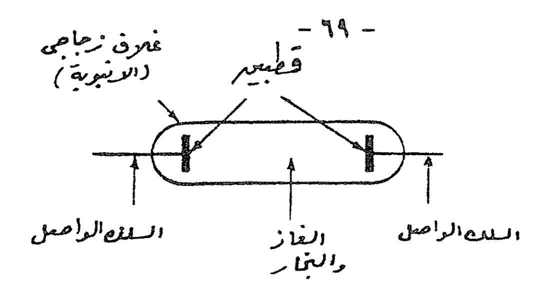
مصابيح الفلورسنت (*Fluorescent Lamps*)

أو مصابيح الفلورسنت وبخار الزئبق *(Fluorescent Mercury-Vapour Lamps)*

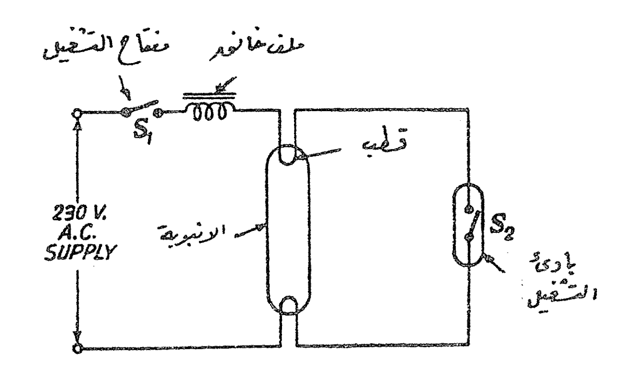
يتكون المصباح من أنبوبة مملوءة بغاز الأرجون عند ضغط منخفض وبعض نقط من الزئبق . وقطبين عبارة عن فتيلة سلك مكسوة بالتنجستن كما فى شكل *(3-16)* ويجهز مع المصباح ملف خانق *(Chock)* وبادئ تشغيل *(Starter)* كما فى شكل *(3-17)* . عند غلق المفتاح *S1* يسلط جهد المصدر على الملف الخانق وقطبى المصباح وبادئ التشغيل *S2* . يفتح بادئ التشغيل ، بعد ثانيتين أو ثلاثة ثوانى ، ويولد الملف الخانق جهد الإشعال عند طرفى القطبين . عندئذ تبدأ عملية تأين الالكترونات خلال غاز الأرجون . بزيادة درجة الحرارة ، يتبخر الزئبق ويجهز مساراً موصلاً بين



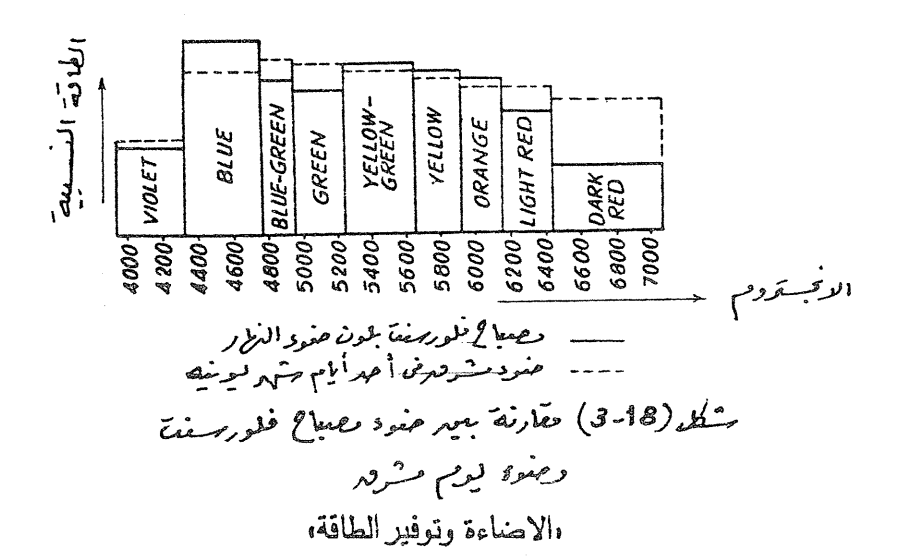
شكل (3-15) أجزاء مكونات المصباح الفلورسنت



شكل (3-16) تمثيل للمصباح الفلورسنت



شكل (3-17) دائرة مصباح الفلورسنت



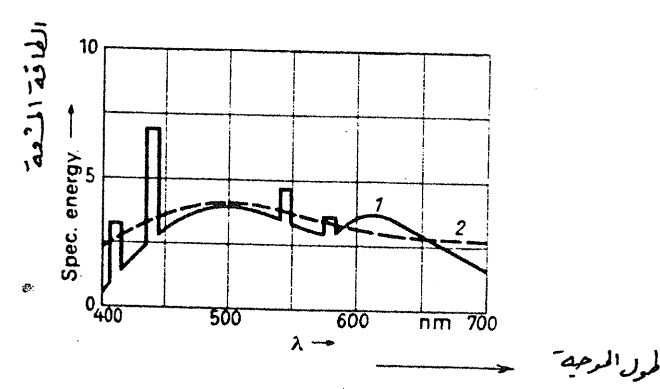
شكل (3-18) مقارنة بين ضوء مصباح فلورسنت وضوء ليوم مشرق

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

القطبين مصحوباً بإشعاعات كهرومغناطيسية.يتم حد التيار من خلال الملف الخانق .

أغلب الإشعاعات تكون عبارة عن أشعة فوق بنفسجية والتى لا تقع فى حدود الأشعة المرئية . للتغلب على ذلك يجب تحويل هذه الإشعاعات إلى الحدود المرئية ، لذا يغلف المصباح من الداخل بمسحوق الفلورسنت والذى يمتاز بمقدرته على تحويل الإشعاعات فوق البنفسجية إلى إشعاعات مرئية . تعتمد تركيبة ولون الضوء على المسحوق المستخدم . يوضح شكل *(3-18)* مقارنة بين الطاقة النسبية للإشعاعات الناتجة فى حالة ضوء مصباح فلورسنت وضوء النهار *(Day light)* . ويتضح أن لضوء مصباح الفلورسنت إنخفاض فى اللون الأحمر وهذا هو السبب فى أن الأوجه تبدو شاحبة قليلاً فى ضوء مصباح الفلوسنت .

ويوضح شكل *(3-18)*أ منحنى العلاقة بين الطاقة النسبية المشعة مع طول الموجة فى حالتى ضوء مصباح فلورسنت بلون ضوء النهار ، وضوء النهار ليوم مشرق . ويلاحظ أيضاً إنخفاض المنحنى فى الحدود *650-700nm* وهى الخاصة باللون الأحمر



طول الموجة

شكل (3-18) أ مقارنة بين توزيع الطاقة المشعة على الطيف المرئى

المنحنى (1) مصباح فلورسنت بلون ضوء النهار

المنحنى (2) اضاءة ليوم مشرق

الضوئية) حوالى 70 لومن/وات (*Lm/w*) .

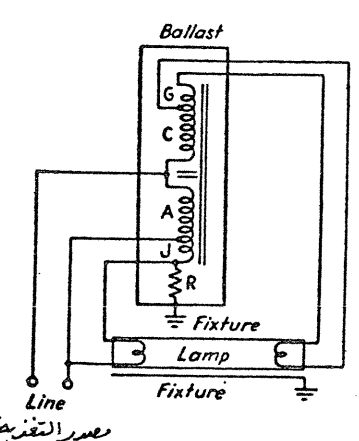
تمتاز المصابيح الفلورسنت بالكفاءة العالية ، وإنخفاض مستوى البهر وإنخفاض الحرارة ، ولكن يعيبها إنخفاض قدرتها ولذا يحتاج إلى عدة مصابيح للحصول على الإضاءة المناسبة . لذلك يحدث طنين مغناطيسي نتيجة وجود الملف الخانق . ولكن يمكن تثبيت الملف الخانق بمسند رجوعى *Resilient pads* لحل مشكلة الطنين .

كابح التيار (*Ballast*) :

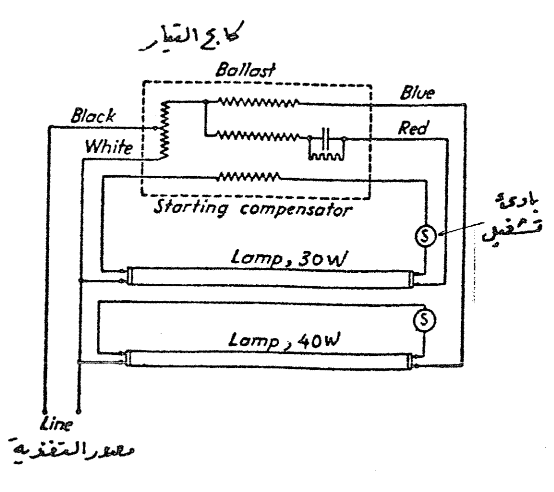
تحتاج مصابيح التفريغ الغازى للحد من قيمة التيار المار ، بعد عملية الإشعال ، أو إستقرار التيار باستخدام كابح تيار مناسب . هذا الكابح يعمل على الحد من تيار التسخين المتقدم (*Preheating*) للقطب وكذلك لبداية التفريغ بالإتصال مع بادئ التشغيل . لمصابيح الفلورسنت يمكن إستخدام النوع الحثى *Inductive* (الملف الخانق *Chock coil*) أو النوع السعوى *Capacitive* (كابح التيار *Ballast*) . يحدث الملف الخانق حث ، أى زاوية تأخير (*lagging*) بين التيار والجهد ويمكن تعويض إنخفاض معامل القدرة فى هذه الحالة بإستخدام مكثف مناسب بين طرفى المصدر . وفى نوع كابح التيار السعوى يستخدم مكثف على التوالى مع الملف الخانق وبذلك تكون الدائرة ذات تعويض زائد ذاتى ويمكن أن تنتج تيار متقدم (*Leading*) ، إذا إستخدم ملف خانق وكابح تيار سعوى معاً فى دائرة مزدوجة ، فإنه يمكن أن يعادل التيار المتقدم التيار المتأخر ويكون معامل القدرة فى هذه الحالة مساوياً الوحدة .

توضح الأشكال (3-22) ,(3-21) ,(3-20) ,(3-19) الدوائر المختلفة لأنواع كابحات التيار المستخدمة لتشغيل المصابيح الفلورسنت .

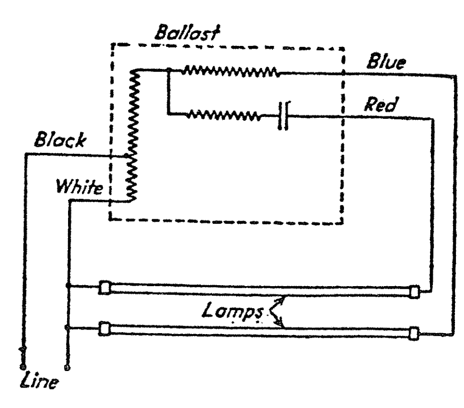
عادة يذكر على الملف الخانق المقننات الفنية ، فمثلاً يوضح شكل (3-23) كابح



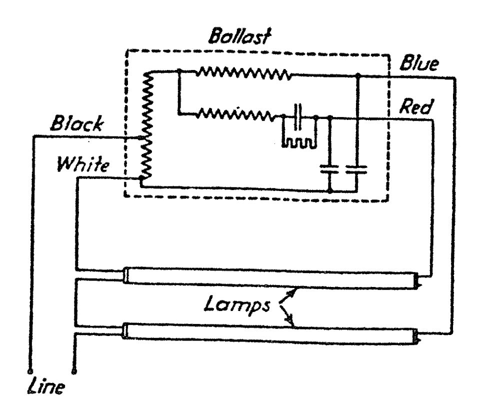
شكل (3-19) دائرة تشغيل مصباح فلورسنت ذات بداية تشغيل سريعة



شكل (3-20) كابح تيار لمصباحين فلورسنت من نوع الكاثود الساخن (أي فتيلة تسخين عبارة عن ملف ملفوف) ، تيار بداية تسخين متقدم .



شكل (3-21) كابح تيار لمصباحين فلورسنت من نوع الكاثود الساخن - بداية تشغيل لحظي



شكل (3-22) كابح تيار لمصباحين فلورسنت من نوع الكاثود البارد (أي القطب على شكل اسطوانة) ويستعمل للتشغيل المتكرر

تيار مقنناته كالآتى :

قدرة المصباح المستخدم : $40w$ الجهد : $220V$ التيار : $0.43A$

التردد : $50Hz$ معامل القدرة : 0.52

بادئ التشغيل *(Starter)* :

يكون الغرض من إستخدام بادئ التشغيل الآتى :

* إكمال دائرة المصدر فى بداية التسخين المتقدم للأقطاب .
* فتح الدائرة لتجهيز جهد إرتداد الإشعال لبداية الإشعال .

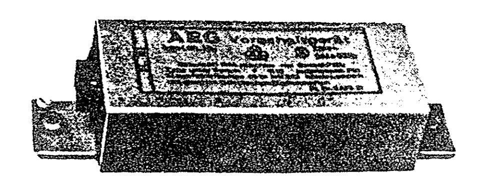
ويوجد نوعان من بادئ التشغيل هما :

* نوع توهجى *(Glow type)*
* نوع حرارى *(Thermal type)*

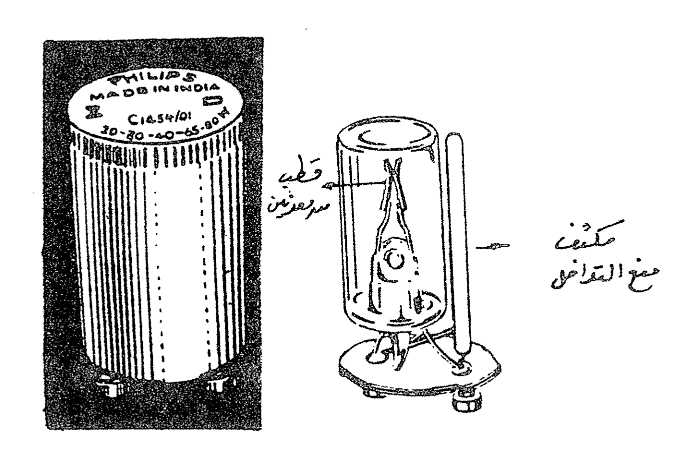
يوضح شكل *(3-24)* النوع التوهجى وهو الأكثر شيوعاً ، ويتكون من أنبوبة زجاجية مملوءة بمخلوط غازات هليوم وهيدروچين أو أرجون أو نيون عند ضغط منخفض ، ويحتوى على قطبين أحدهما عبارة عن شريحة من معدنين *(Bi-metallic)* . عند تسليط الجهد على البادئ يحدث تفريغ متوهج بين نقطتى التلامس ، وتنتج حرارة تجعل شريحة المعدنين تنحرف وتغلق الدائرة ، يبدأ مرور تيار التسخين المتقدم بين القطبين وفى نفس اللحظة ينقطع التفريغ التوهجى مؤدياً إلى تبريد الشريحة ذى المعدنين ، يعاد فتح نقطتى التلامس ويجهز الملف الخانق جهد الإشعال .

إذا لم ينجح المصباح فى عملية الإشعال من أول مرة نتيجة عدم كفاية أقصى جهد ، عندئذ تكرر نفس العملية حتى يحدث التفريغ خلال المصباح . يصمم بادئ التشغيل بحيث لا تغلق نقطتى التلامس عند حدوث جهد التفريغ (القوس) فى المصباح . يجهز بادئ التشغيل بمكثف صغير ومقاومة داخلية لإخماد القوس ومنع التداخل مع موجات الراديو .

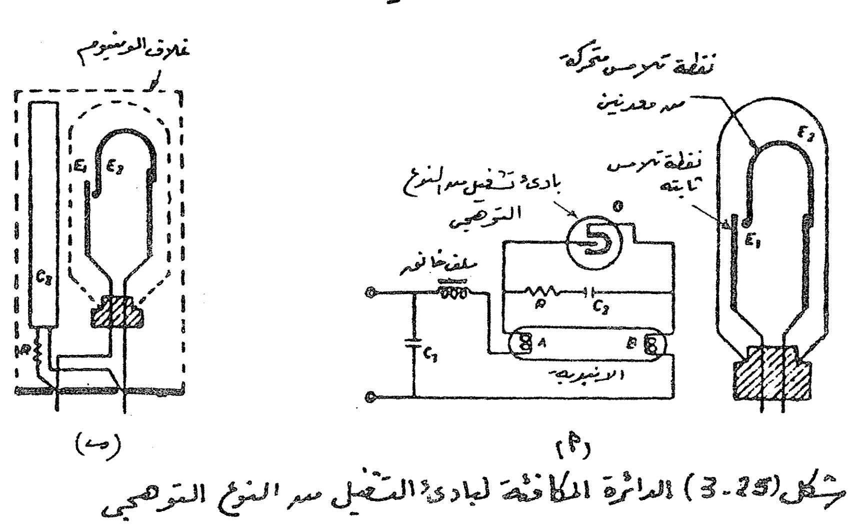
يوشح شكل *(3-25)*أ الدائرة المكافئة لبادئ التشغيل من النوع التوهجى وطريقة إتصاله بالدائرة الكهربائية لمصباح الفلورسنت ويلاحظ أن نقطة التلامس E_1 ثابتة بينما نقطة التلامس E_2 متحركة ومشكلة على شكل حرف U ومصنوعه من معدنين ، والغرض من المكثف C_1 تحسين معامل قدرة المصباح .



شكل (3-23) كابح تيار



شكل (3-24) بادئ تشغيل من النوع التوهجي



شكل (3-25) الدائرة المكافئة لبادئ التشغيل من النوع التوهجي

ويوضح شكل (3-25)ب البادئ بعد إضافة مكثف C_2 ومقاومة R وكافة هذه الأجزاء مغلفة بجسم من الألومنيوم . أما النوع الحرارى فإنه إما أن يكون ضمن وحدة مكونة من كابح التيار ومكثف تحسين معامل القدرة وبادئ التشغيل الحرارى، كما فى شكل (3-26) ، أو يكون مستقلاً داخل غلاف من الألومنيوم .

ويوضح شكل (3-27) الدائرة المكافئة لبادئ التشغيل من النوع الحرارى وإتصاله بمصباح فلورسنت ويتكون البادئ الحرارى من نقطة تلامس ثابتة E_1 ونقطة تلامس متحركة E_2 مصنوعة من معدنين *Bi-metallic* وقريب من المقاومة R ويملء البادئ بغاز الهيدروچين . يكون وضع التشغيل أن نقطتى التلامس مقفلة عندما لا يعمل المصباح . وعند تسليط مصدر التغذية على طرفى المصباح فإن قطبى المصباح A, B يتصلا معاً من خلال البادئ وعندئذ يمر تيار كبير خلالهما . ويسخنا لدرجة التوهج . فى نفس الوقت تسخن المقاومة R وتؤدى إلى تحرك نقطة التلامس E_2 أى فتح نقطتى التلامس . عندئذ ينتج الملف الخانق جهد الإشعال والذى يكون كافياً لبدء التفريغ خلال بخار الزئبق .

توجد مصابيح فلورسنت لا تعمل ببادئ تشغيل وتعرف هذه الأنواع بمصابيح الفلورسنت التى لا تحتوى على بادئ تشغيل *(Startless Fluorescent Lamps)* وتعرف تجارياً بمصابيح البداية اللحظية *(Instant-start)* أو البداية السريعة *(Quick-start)* . ودائرتها المكافئة موضحة فى شكل (3-28) حيث تحتوى على محول لتسخين الفتيلة ، الملف الابتدائى p وملفين ثانويين S, S والمسئولين عن تسخين فتيلة الالكترودين فى جزء من الثانية وتجهز توصيلة المصباح بقطب أرضى E لضمان حدوث بداية تشغيل على حالة مرضية .

خصائص المصابيح الفلورسنت :

١) ألوان ضوء مصابيح الفلورسنت :

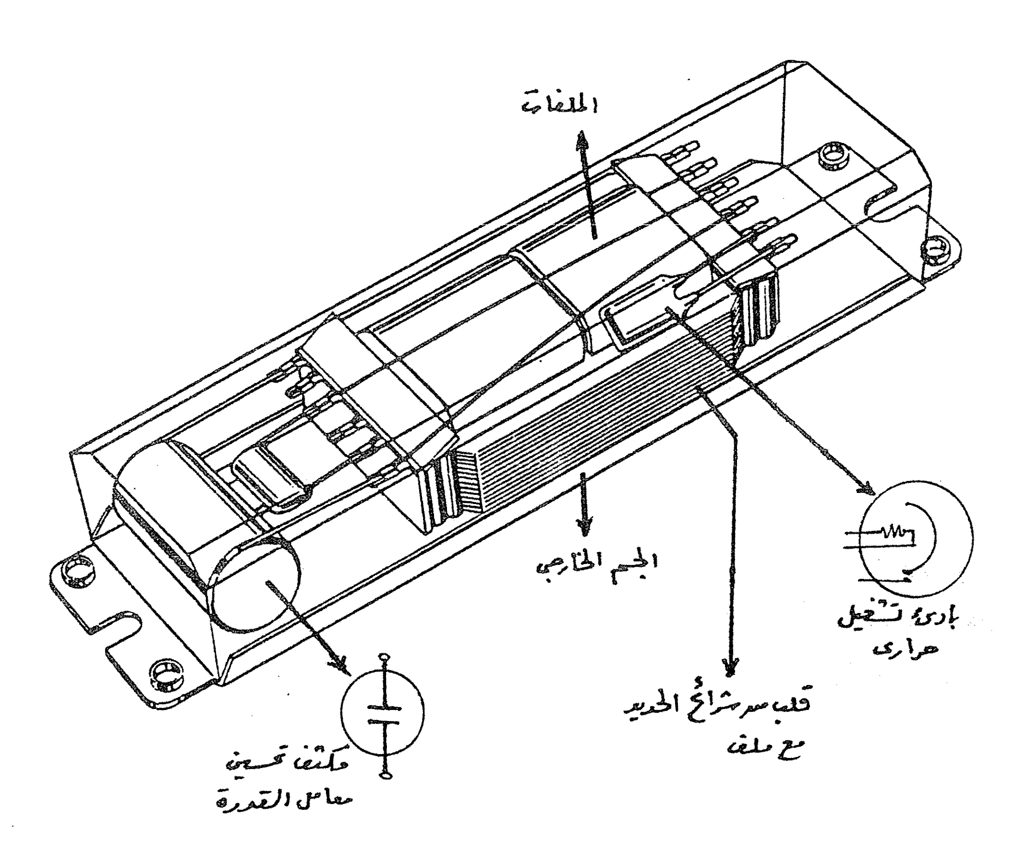
يعتمد لون الضوء على :

* مسحوق الفلورسنت ، يوضح جدول (3-4) أنواع مساحيق الفلورسنت واللون .

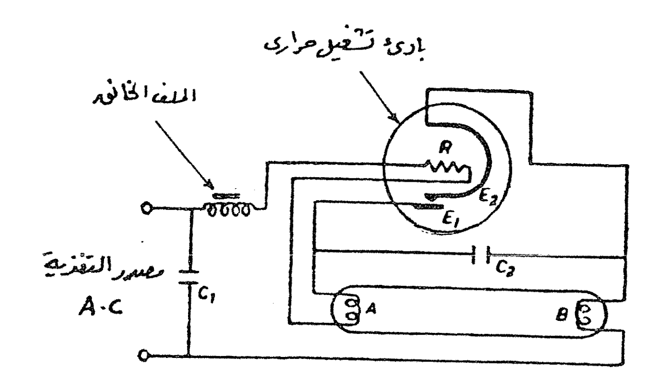
* ضغط البخار .

يوجد أكثر من لون أبيض يصنف كالآتى :

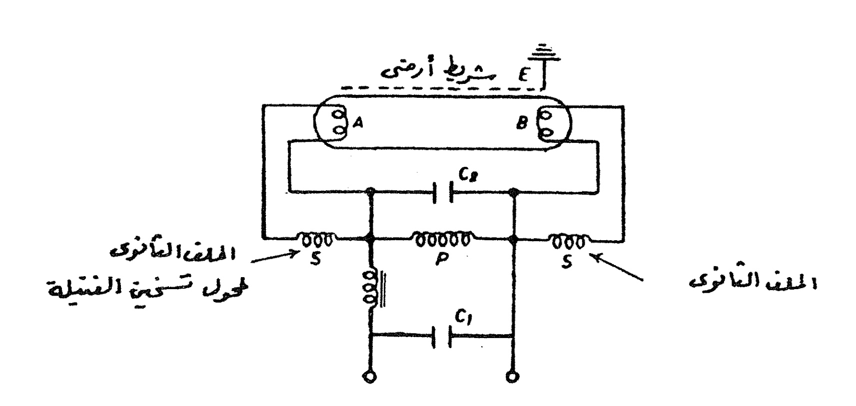
أ) ضوء النهار / 55 *(Day light/55)* :



شكل (3-26) وحدة كابح تيار ومكثف وبادئ تشغيل حراري



شكل (3-27) توصيل بادئ التشغيل الحرارى مع مصباح الفلورسنت



شكل (3-28) الدائرة المكافئة للمصباح الفلورسنت بدون استخدام بادئ تشغيل

هذا الضوء مناسباً فى الصناعة عند الإحتياج للتأكد من أو إختبار مادة معينة عند مستوى شدة إضاءة عالية (أكثر من *1000 Lux*) ويستخدم أيضاً للإضاءة العادية .

ب) أبيض دافئ / 29 (*Warm white/29*) :

فى هذا النوع تستخدم طبقة مسحوق فلورسنت كاملة مباشرة للحصول على أقصى كثافة ضوئية ممكنة . ويستخدم هذا النوع لإضاءة الطرق والشوارع حيث لا يهتم باللون (نتيجة إنخفاض مستوى شدة الإضاءة *10 Lux* أو أقل) .

جـ) الأبيض / 33 (*White/33*) :

هذا الضوء يكون مفيد فى إضاءة المكاتب المحاسبية ومكاتب الرسم ، والمصانع والمدارس ، حيث تتوافق هذه الإضاءة مع إضاءة النهار .

د) أبيض ديلوكس / 34 (*White-deluxe/34*) :

أيضاً يفضل إستخدام هذا اللون فى المكاتب والمدارس والأسواق حيث يكون الوضوح هام جداً .

هـ) أبيض ديلوكس-دافئ / 32 (*Warm white-deluxe/32*) :

وتستخدم للأماكن المزدحمة مثل المحلات أو المطاعم .

جدول (4-3) الألوان وكسوة الفلورسنت

الكسوة (المسحوق)		اللون
تنجستن الكالسيوم	(*Calcium Tungstate*)	أزرق
تنجستن المغنيسيوم	(*Magnesium Tungstate*)	أبيض مائل إلى الزرقة
بورات الكادميوم	(*Cadmium borate*)	أحمر وردى
سليكات الكادميوم	(*Cadmium silicate*)	أحمر وردى مائل إلى الإصفرار
سليكات الزنك	(*Zinc silicate*)	أخضر
سليكات بيريليوم الزنك	(*Zinc beryllium silicate*)	ابيض مائل الى الاصفرار

2- عمر تشغيل المصابيح الفلورسنت :

العمر الطبيعى للمصباح *7500* ساعة . ويتأثر بكل من إنخفاض وإرتفاع الجهد ، وتتابع عمليات التشغيل . يكون متوسط العمر ثلاثة ساعات إشتعال لكل عملية تشغيل .

يتغير عمر التشغيل الحقيقى من 5000 إلى 10000 ساعة إعتماداً على حالات التشغيل، . بعد تشغيل المصباح 4000 ساعة ينخفض ناتج الضوء بنسبة 15-20% ويكون الافضل إقتصادياً أن يتم تغيير مجموعة من المصابيح بعد تشغيل عدد محدود من الساعات من أن يتم تغيير بعض المصابيح عشوائياً .

3- تأثير تغير الجهد علي المصابيح الفلورسنت :

يسبب إنخفاض الجهد صعوبة لبداية التشغيل ويسبب إعتام (Blinking) . وإرتفاع الجهد يسبب إنهيار المصباح والمساعدات نتيجة الإرتفاع الزائد لدرجة الحرارة . ويوضح شكل (3-29) التغير فى الفيض الضوئى عند تشغيل المصباح عند جهود مختلفة .

4- تأثير درجة الحرارة :

أفضل كفاءة للمصباح عند درجة حرارة تشغيل بين $20-25C^{\circ}$ ، ويوضح شكل (3-30) العلاقة بين درجة الحرارة ، وناتج الضوء (الكفاءة) ويلاحظ عند إنخفاض درجة الحرارة تنخفض كفاءة المصباح . يجب مراعاة عند تشغيل المصباح عند درجة حرارة عالية أن توجد تهوية كافية .

ويوضح شكل (3-31) العلاقة بين درجة الحرارة المحيطة وأقل جهد بداية لمصباح.

5- التداخل اللاسلكى (Radio interference) :

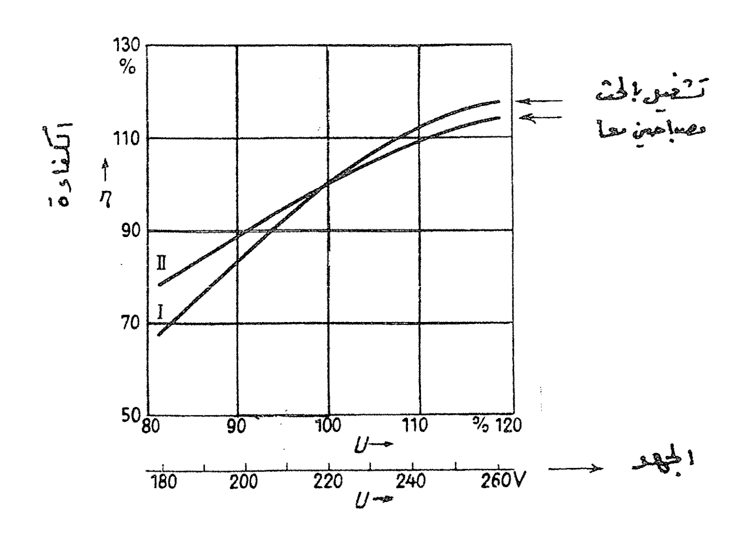
يحدث القوس الزئبقى بمصباح الفلورسنت درجات موجات لاسلكية متوالية ومستمرة ، والتى تتداخل مع الموجات اللاسلكية المستقبلة . يمكن وصول الإشعاعات إلى المستقبلات اللاسلكية بطريقتين هما :

أ) بالإشعاع المباشر من المصباح إلى الهوائى .

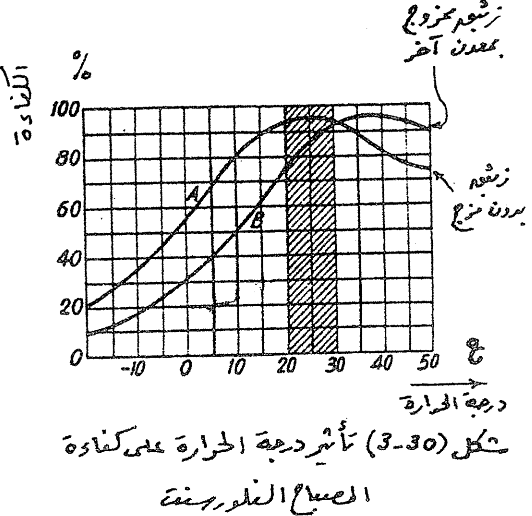
ب) خط التغذية الخلفية للمصباح .

يمكن التحكم فى الإشعاع المباشر بإبعاد الهوائى بقدر الإمكان عن مكان تركيب المصابيح . إذا تعدت المسافة مترين فإن التداخل يكون منخفض ، أما إذا كانت المسافة أقل من ذلك فإنه يفضل تركيب أرضى مسلح . ويجب تأريض الراديو وقاعدة تثبيت المصباح .

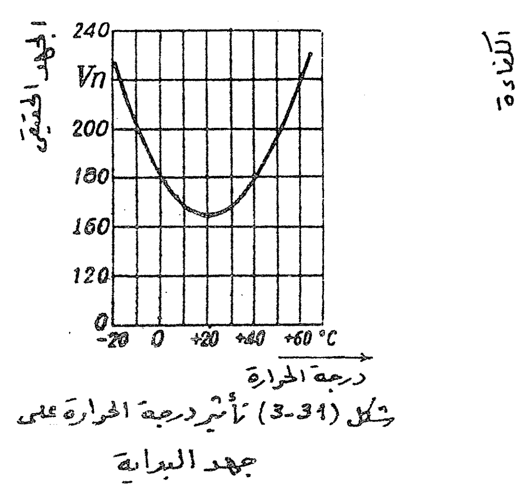
بينما يمكن التحكم فى التغذية الخلفية من خلال خط مصدر التغذية بتركيب مرشح مناسب قريب من المصابيح بقدر الإمكان . يمكن أن تكون المرشحات منفصلة لكل



شكل (3-29) التغير في الكفاءة عند تشغيل مصباح الفلورسنت عند جهود مختلفة



شكل (3-30) تأثير درجة الحرارة على كفاءة المصباح الفلورسنت



شكل (3-31) تأثير درجة الحرارة على جهد البداية

مصباح ، أو مرشح واحد لكل المجموعة . ويكون التثبيت غير الجيد للمصباح مصدراً آخر للتداخل اللاسلكى .

6- كفاءة المصابيح الفلورسنت :

توجد أشكال مختلفة لشكل أنبوبة المصباح الفلورسنت منها :

أنبوبة مستقيمة - أنبوبة حرف *U* - أنبوبة دائرية . ويتضح من جدول *(5- 3)* القدرة والفيض الضوئى والكفاءة لمصابيح ذات قدرات مختلفة .

ويوضح جدول *(6-3)* قدرات بعض المصابيح المستقيمة والفيض الضوئى بعد حوالى *100* ساعة تشغيل .

ويتضح من خلال هذه الجداول أن الكفاءة الضوئية لبعض المصابيح الفلورسنت *70Lm/w* وإن الكفاءة الضوئية للمصباح الفلورسنت تكون ثلاثة امثال الكفاءة الضوئية للمصباح المتوهج لنفس القدرة .

7- اثر الارتعاش الناتج من المصابيح الفلورسنت

(Flickering effect of Fluoroscent Lamps)

نتيجة التغيرات الدورية فى التيار المتردد *(A.C)* تحدث تقلبات دورية فى مخرج اضاءة المصابيح تؤدى الى حدوث ارتعاش *(Flicker)* أو حركة ترددية او دورية *(Stroboscopic)*. تؤدى هذه الظاهرة لظهور صور متعددة على حائل متحرك وتعمل حركة تبدو ترددية ومن الجدير ملاحظة الآتى :

– يظهر تأثير الارتعاش بوضوح عند الترددات المنخفضة .

– تردد كل ارتعاش يساوى ضعف تردد المصدر .

– مسحوق الفلورسنت المستخدم داخل انبوبة المصباح له وميض فسفورى خفيف لذا فان تأثير الارتعاش يقل الى حدود معينة بعد عملية التوهج .

يسبب الارتعاش ازعاج فى هذه الحالات :

– فى حالة الآلات الدوارة والتى لها تردد دوران يحدث تردد ارتعاش متكرر ، وتظهر الآلة بسرعة دوران اقل او تسكن الآلة . احياناً تدور الآلة فى الاتجاه العكسى .

– إذا إحتاج عمل معين إلى حركة حائل سريعة ، وخاصة إذا كان هذا الحائل ذا سطح مصقول فسوف تظهر له حركة متقلبة ، وإذا إستمرت لفترة طويلة تؤذى النظر .

جدول (3-5) القدرة والفيض الضوئى والكفاءة للمصابيح الفلورسنت

نــوع المصبـاح	قدرة المدخل Watt		الفيض الضوئى اعتماداً على لون الضوء Lm	الكفاءة الضوئية (الناتج الضوئى) فى وجود ملف خانق Lm/W
	بدون ملف خانق	فى وجود ملف خانق		
انبوبة مستقيمة	4	10	120	12
	6	12	220 - 240	18 - 20
	8	14	310 - 350	22 - 25
	10	14	460 - 480	33 - 34
	13	19	500 - 650	26 - 34
	15	19.5	580 - 600	30 - 31
	16	21	750 - 900	36 - 43
	20	25	800 - 1230	28 - 49
	25	32	1150 - 1720	36 - 54
	30	39	1500 - 1900	38 - 49
	40	51	1750 - 2600	28 - 51
	65	78	2600 - 4800	33 - 62
انبوبة حرف U	16	21	720 - 920	34 - 44
	20	25	830 - 1000	33 - 40
	40	50	1850 - 2700	37 - 54
	65	78	3300 - 4050	42 - 52
انبوبة دائرية	22	27	980 - 1100	36 - 41
	32	42	1500 - 1900	36 - 45
	40	50	2150 - 2700	43 - 54

جدول *(3-6)* قدرة بعض انواع المصابيح الفلورسنت والفيض الضوئى بعد حوالى *100* ساعة تشغيل

قدرة المصباح watt	القطر × الطول cm X cm	الفيض الضوئى الاسمى بعد *100* ساعة تشغيل *(Lm)*				
		لون ابيض *32*	لون دافئ *29*	ضوء النهار *55*	ابيض ديلوكس دافئ *32*	أبيض ديلوكس *34*
20	3.8 X 61	1080	1080	820	750	750
40	3.8 X 122	2800	2800	2100	1880	2000
80	3.8 X 152	5600	5600	4200	3700	4000

الطرق المستخدمة لتقليل تأثير الإرتعاش :

1- بإستخدام ثلاثة مصابيح :

من مصدر ثلاثى الأوجه يتم تغذية مصباح على كل وجه ، وفى هذه الحالة سوف تكون موجات الإضاءة الثلاثة الواصلة إلى طاولة الشغل فى تداخل *(Overlap)* بزاوية *120°* مؤدية إلى تقلب أو إرتعاش أقل كثيراً من حالة مصباح فلورسنت أحادى.

2- بإستخدام دائرة مصباح مزدوج *Twin Lamp* :

فى هذه الحالة يتم توصيل مصباحين فلورسنت من مصدر أحادى الوجه ، كما فى شكل *(3-32)* ، حيث يوصل ملف خانق مع أحد المصباحين (دائرة زاوية متأخرة *Lagging circuit*) بينما مع الآخر يوصل ملف خانق ومكثف (دائرة زاوية متقدمة *Leading circuit*) ، يؤدى هذا إلى حدوث زاوية إزاحة مقدارها° *120* بين موجتى التيار فى فرعى المصباحين كذلك بين موجات الضوء لكل منهما وينتج عن ذلك إنخفاض الإرتعاش .

3- بتشغيل المصابيح من مصدر ذى تردد عالى :

فى هذه الحالة لا يظهر تأثير الإرتعاش على مصدر التيار المستمر *(D.C)*

تشغيل المصباح الفلورسنت من مصدر تيار مستمر *D.C*

يمكن تشغيل المصباح الفلورسنت من مصدر تيار مستمر *D.C* بعد إضافة بعض المساعدات لدائرته ، مثل إضافة مقاومة على التوالي مع كابح التيار كما في شكل *(3-33)* ، ويكون لهذه المقاومة نفس قدرة المصباح والغرض منها استقرار التيار ، تنخفض كفاءة المصباح نتيجة استهلاك قدرة المقاومة والتي تكون مساوية لاستهلاك المصباح نفسه . ويسود احد طرفي اللمبة سريعاً . ولعلاج ذلك اما ان يضاف الى الدائرة مفتاح تغيير القطبية *(Polarity reversing switch)* او ان تغير نهايات المصباح بانتظام . ينخفض عمل المصباح إلى حوالي *80%* او اقل . ويمتاز بعدم ظهور أثر الارتعاش .

اعطال المصابيح الفلورسنت

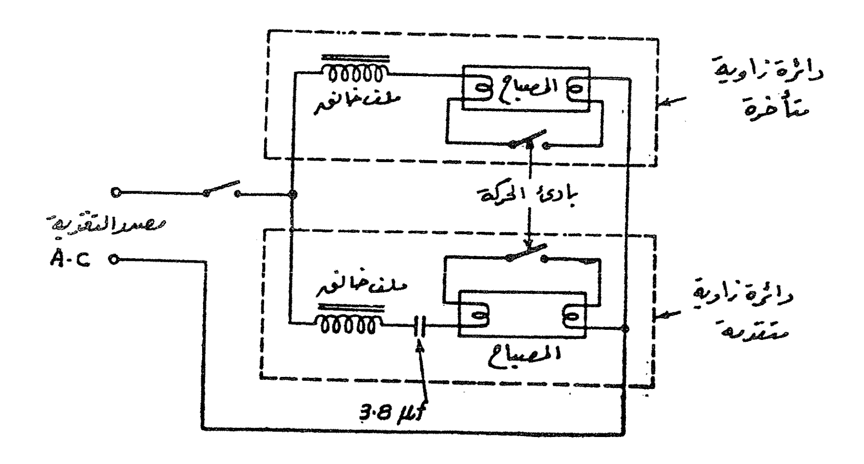
من اعطال المصابيح الفلورسنت ، الارتعاش ـ تحرك الضوء ...

يوضح جدول *(3-7)* بعض اعطال المصابيح الفلورسنت وسبب حدوث العطل وطريقة علاجه .

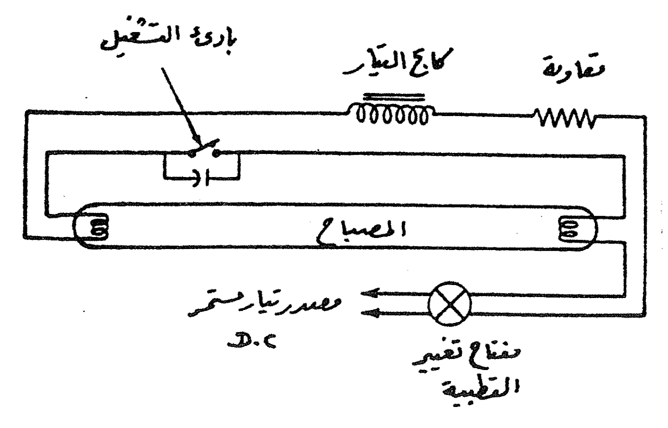
3- مصابيح الصوديوم *(Sodium Lamps)*

يوضح شكل *(3-34)* مكونات مصباح الصوديوم ، وهو عبارة عن مصباح تفريغ في غاز ضغط منخفض ، ويحتوى على زجاجة على شكل حرف *U* مملوءة بغاز خامل *(inert)* وبعض قطرات الصوديوم والتي تظهر على شكل نقط صلبة على الجدار الداخلي للمصباح عندما يكون بارداً . يجهز المصباح بعدد من الهزوم *(dimples)* صغير للحفاظ على التوزيع السليم للصوديوم . والغرض من الغلاف الخارجي الزجاجي الحفاظ على درجة الحرارة المطلوبة في الداخل .بعد تشغيل المصباح مباشرة، تبدأ عملية التأين ويمر تيار بين القطبين ، وفي البداية يكون لون الضوء احمر نتيجة وجود غاز النيون وعندما يبدأ الصوديوم في التحول الى بخار ، يتحول لون الضوء الى اللون الاصفر ، ويحتاج المصباح الى زمن بداية تشغيل في الحدود من *5* إلى *10* دقائق .

يتم توصيل مصباح بخار الصوديوم بإحدى الطريقتين الآتيتين :



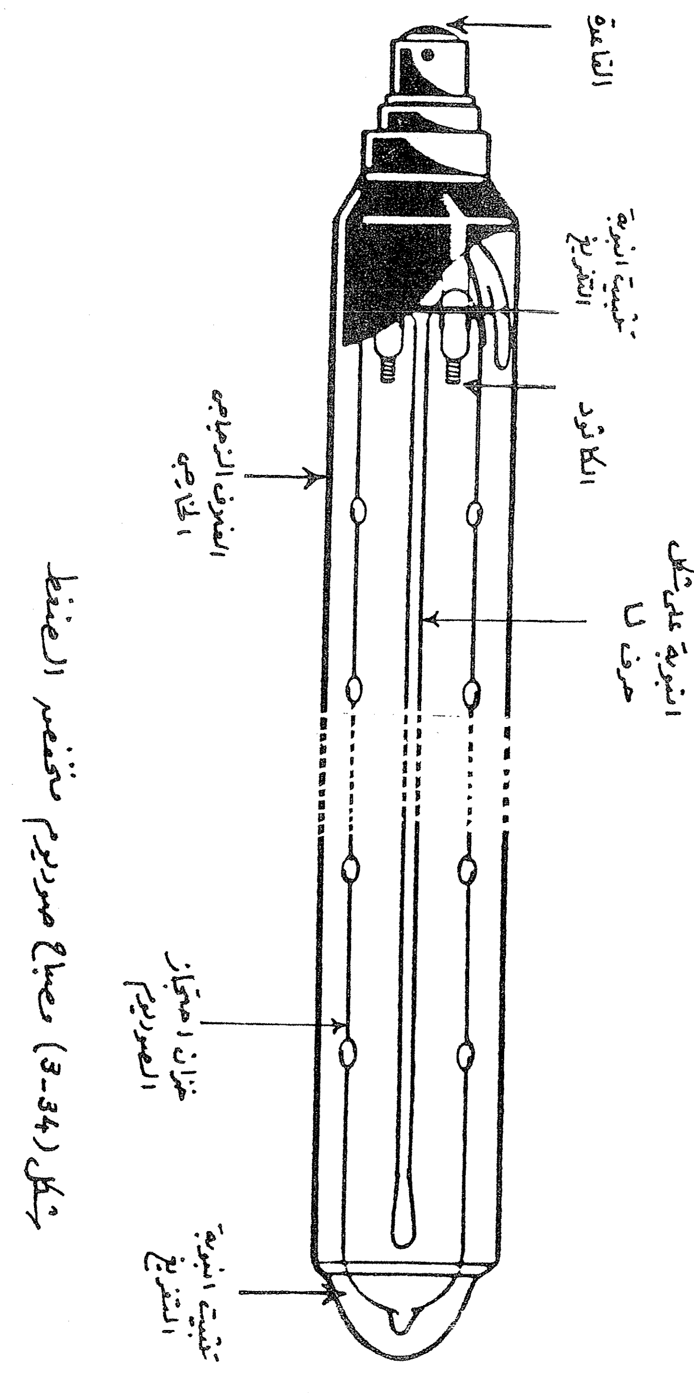
شكل (3-32) دائرة مصباح مزدوج



شكل (3-33) تغذية مصباح من مصدر تيار مستمر (D.C)

جدول (3-7) بعض اعطال المصابيح الفلورسنت وسببها وعلاجها

العطـــــل	الســـبب	العـــلاج
عند توصيل مفتاح الاضاءة لايضاء المصباح	(أ) عدم وجود مصدر تغذية او انفصال مفتاح التغذية (ب) الفتيلة مقطوعة (جـ) لم يعمل بادئ التشغيل	(أ) التأكد من وجود مصدر التغذية (ب) تغيير بادئ التشغيل او المصباح
عند التشغيل (فصل/توصيل) يحدث ارتعاش	(أ) المصباح عمل اطول من عمر تشغيلة (ب) انخفاض جهد مصدر التغذية (جـ) عطل بادئ التشغيل	(أ) الكشف على المصباح وتغييره اذا احتاج الامر (ب) التأكد من قيمة جهد مصدر التغذية (جـ) الكشف على بادئ التشغيل وتغييره اذا أحتاج الامر
يبدو الضوء متحركاً فى شكل حلزونى	يحدث هذا عادة عند تركيب مصباح جديد وينتهى بعد فترة	اذا لم ينتهى بعد فترة يجب تغيير المصباح
بداية تشغيل بطيئة	انخفاض جهد المصدر وعطل كابح التيار	التأكد من قيمة جهد مصدر التغذية ، الكشف على المصباح وتغييره عند الضرورة
ارتعاش بطئ	عمر تشغيل طويل للمصباح	يتم تغيير المصباح
تتوهج الفتيلة ولكن المصباح لايضئ	اتصال نقطتى تلامس بادئ التشغيل	الكشف على بادئ التشغيل وتغييرة عند الضرورة
عند توصيل مفتاح التشغيل تحترق الفتيلة	عطل كابح التيار	الكشف على كابح التيار وتغييره
انخفاض عمر تشغيل المصباح	ارتفاع جهد مصدر التغذية	التأكد من قيمة جهد مصدر التغذية والكشف على كابح التيار وتغييره عند الضرورة



شكل (3-34) مصباح صوديوم منخفض الضغط

– التوصيل الحثى باستخدام محول التسرب كما فى شكل *(3-35)*

– التوصيل الحثى باستخدام بادئ تشغيل كما فى شكل *(3-36)*

والغرض من محول التسرب *(leak transformer)* هو :

– تجهيز جهد الاشعال الاولى ، حيث تحتاج مصابيح الصوديوم الى جهد اشعال يتراوح من *400* إلى *600* فولت

– يعمل كملف خانق للحد من قيمة التيار ، عندما يبدأ عمل المصابيح .

ويتكون المحول ، كما في شكل *(3-35)* من ملف ابتدائى وآخر ثانوى متصلين على التوالى وملفوفين على الساق الوسطى للقلب المغناطيسى المكون من ثلاثة سيقان ، يوجد قلب حديدى بين الملفين غير مثبت ولكن محكوم بين السيقان ويعمل كمسار توازى للمجال المغناطيسى .

وفى حالة عدم الحمل ، تكون مقاومة مسار التوازى كبيرة جدا نتيجة وجود الثغرة الهوائية وبالتالى فإن المجال المغناطيسى يمر خلال سيقان القلب ، ويعمل المحول كمحول ذاتى *(autotransformer)* ، ولكن عند بداية تشغيل المصباح ومرور التيار ، يتسرب جزء من المجال المغناطيسى الى مسار التوازى نتيجة للتأثير المضاد من مجال الملف الثانوى . وعندئذ يعمل المحول كملف خانق ويقل الجهد بين قطبى المصباح الى القيمة المرغوبة

لون ضوء مصابيح الصوديوم

اغلب الاشعاعات الداخلية لمصباح الصوديوم بطول موجه *589 mμ* ، اى ضوء وحيد اللون *(monochromatic)* عبارة عن اللون الاصفر فقط .

وحيث ان مصابيح الصوديوم لها كفاءة عالية حوالى *110 Lm/w* فإنها تستخدم لإضاءة الشوارع والطرق ومساحات التخزين واماكن الانتظار ... وتكون مناسبة ايضاً للإضاءة فى وجود الضباب حيث يمتاز اللون الاصفر بإختراقه .

عمر تشغيل مصابيح الصوديوم

يكون متوسط عمر تشغيل المصباح حوالى *2000* ساعة تشغيل وبالتقادم يقل ناتج الضوء بنسبة *15%*

وضع التشغيل لمصابيح الصوديوم

للمصابيح قدرات 45w او 60w يمكن ان يكون وضع المصباح افقى او اى وضع آخر ولكن يجب ان يكون رأس المصباح (Cap) اعلى من المصباح نفسه حتى لايستقر الصوديوم بجانب القطب . بينما للمصابيح ذات القدرات الاعلى فيجب الايتعدى الميل عن الوضع الافقى بزاوية °20 حتى لايتغير توزيع الصوديوم ويتأثر عمر التشغيل وعمل المصباح .

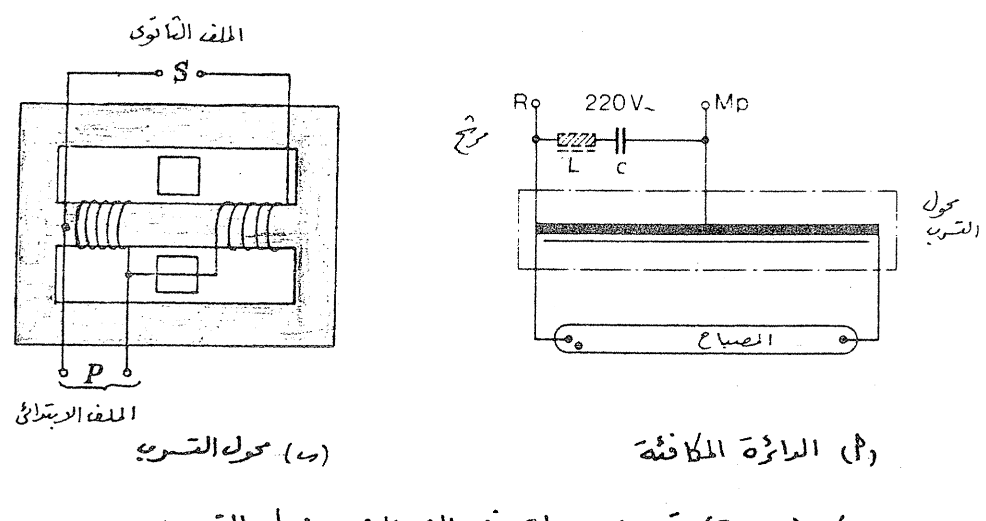
ويوضح جدول (8-3) البيانات الفنية لمصابيح الصوديوم منخفض الضغط .

جدول (8-3) البيانات الفنية لمصابيح الصوديوم منخفض الضغط

القـــــدرة Watt	جهد المصباح Volt	اقل جهد بداية تشغيل Volt	التيـــار Amp	ناتج الضوء Lm	الكفاءة الضوئية Lm / W
45	80	340	0.6	3500	78
60	105	340	0.6	5000	83
85	160	400	0.6	8000	94
140	160	410	0.9	13000	93
200	260	600	0.9	22000	110

مصابيح الصوديوم عالي الضغط *High pressure sodium Lamps*

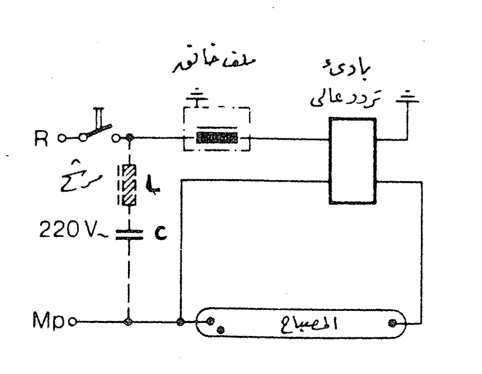
تحتوى انبوبة التفريغ على كميات من الصوديوم والزئبق وغاز النيون . وتوضع الانبوبة داخل غلاف زجاجى مفرغ من الهواء كما فى شكلى (37-3) ، (38-3) لغرضين هما : العزل الحرارى والحماية من العوامل الخارجية المحيطة . ويمكن ان يكون شكل الغلاف الخارجى اما انبوبياً او بيضاوياً . ويمتاز هذا النوع بعمر تشغيل طويل حيث يصل الى 24000 ساعة تشغيل ، كذلك تصل الكفاءة الضوئية الى 130 Lm/w اعتماداً على ضغط بخار الصوديوم داخل انبوبة التفريغ اثناء عملية التشغيل.



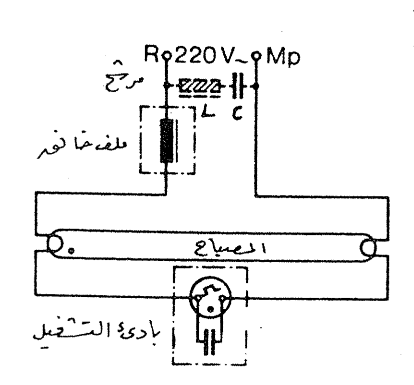
(ب) محول التسوية

(أ) الدائرة المكافئة

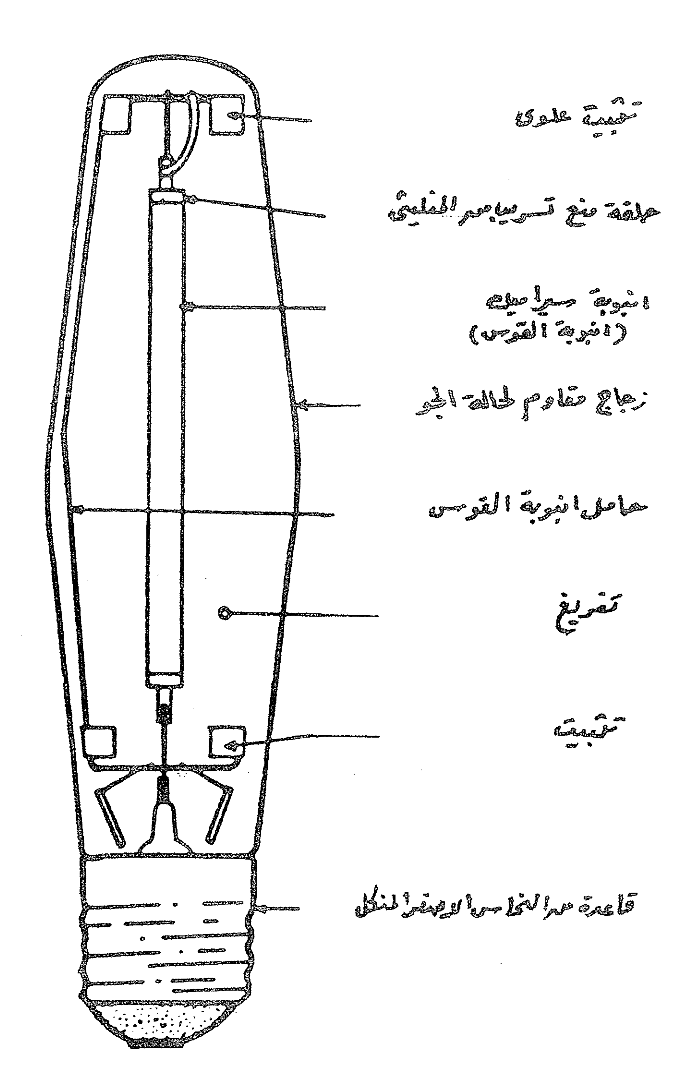
شكل (3-35) توصيل مصباح بخار الصوديوم مع محول التسوية



شكل (3-37) الدائرة المكافئة لمصباح الصوديوم عالى الضغط



شكل (3-36) التوصيل الحثى لمصباح بخار الصوديوم باستخدام بادئ تشغيل.



شكل (38-3) مصباح صوديوم عالى الضغط

يحتاج هذا النوع لتشغيله الى مشعل تردد عالى *(High Frequency igniter)* بالاضافة الى الملف الخانق والذى يحد من تيار المصباح كما فى شكل *(3-37)* فى كل نصف دورة موجة مترددة للمشعل ينتج حوالى *20* نبضة بتردد حوالى *500KHZ* وجهد يصل الى *3000V* . هذه النبضات تظهر على موجه جهد المصدر،وللتغلب على اية مخاطر اثناء عملية الصيانة او تغيير المصباح مثلاً ، تجهز الدائرة بمفتاح تشغيل خاص يجب فصله .

يوضح شكل *(3-39)* بعض اشكال مصابيح الصوديوم عالى الضغط والتى تستخدم فى إضاءة المصانع والاضاءة الغامرة بالطرق . ويبين جدول *(3-9)* المقننات الفنية ومقاسات هذه المصابيح .

مصابيح صوديوم واكسيد القصدير *(Tin-Oxide Sodium Lamps)*

والتى تعرف بمصابيح *(SOX)*

هذه المصابيح نوع متطور من مصابيح الصوديوم العادية ، والتى امكن الحصول منها على كفاءة ضوئية حتى *183 lm/w* ونحصل منها على ضوء اصفر احادى اللون وتناسب إضاءة الطرق الطوالى والانفاق .

ويوضح شكل *(3-41)* مصباح صوديوم واكسيد القصدير منخفض الضغط ويبين جدول *(3-10)* المقننات الفنية لهذه المصابيح

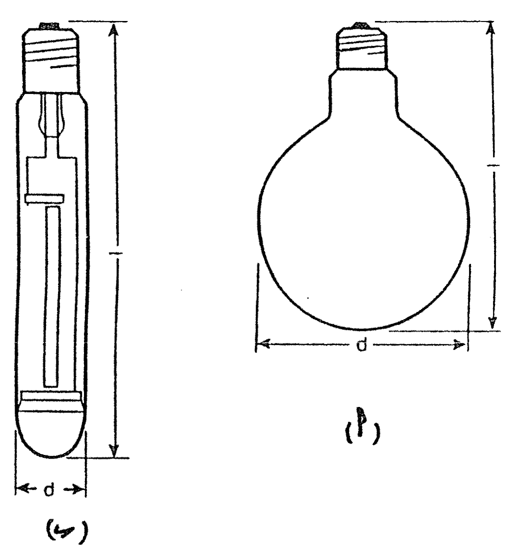
كذلك يبين جدول *(3-11)* المقننات الفنية لمصابيح صوديوم واكسيد القصدير بدلالة الجهد والتيار .

جدول (3-9) المقننات الفنية لبعض انواع مصابيح الصوديوم عالى الضغط

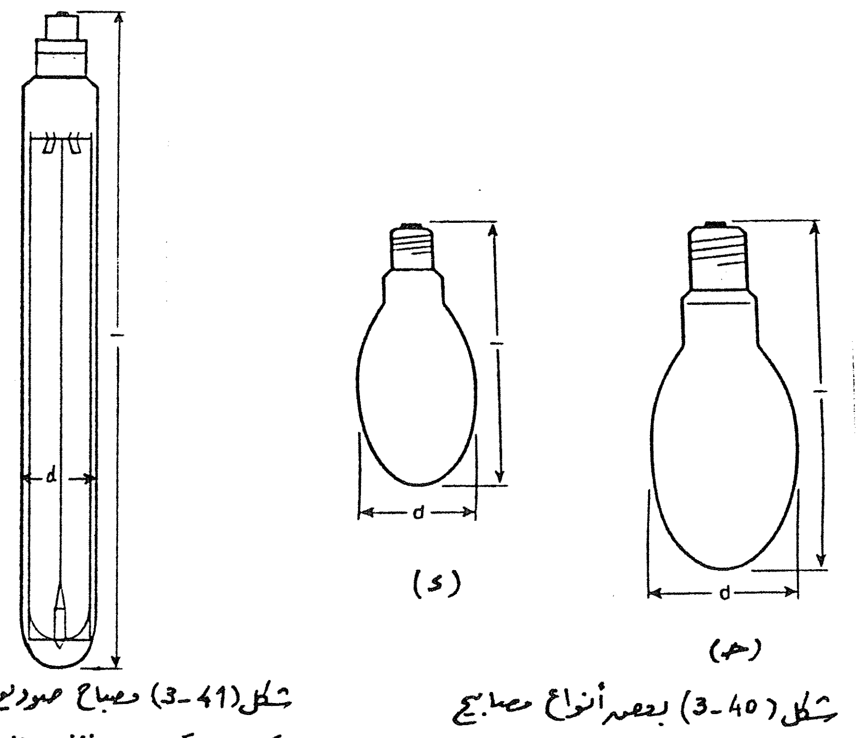
المصبـــاح	القدرة watt	ناتج الضوء Lm	متوسط القطر (d) mm	اقصى طول (l) mm
النـــوع الكروى	35	2000	126	190
شكل (3-39) أ	70	4800	126	190
النــــوع الانبوبى	150	12500	46	211
شكل (3-39) ب	250	23000	46	257
	400	38000	46	285
النـــوع البيضاوى	150	12000	90	226
شكل (3-40) جـ	250	22000	90	226
	400	36000	120	285
النـــوع البيضاوى	35	1850	55	130
شكل (3-40) ء	70	4800	70	156

جدول (3-10) مقننات بعض انواع مصابيح صوديوم واكسيد القصدير

القدرة Watt	ناتج الضوء Lm	متوسط القطر (d) mm	اقصى طول (l) mm	الكفاءة الضوئية lm / w
18	1800	53	216	100
35	4800	52	310	137
55	8000	52	425	145
90	13500	66	528	150
135	22500	66	775	167
180	33000	66	1120	183



شكل (39-3) بعض أنواع مصابيح الصوديوم عالى الضغط



شكل (40-3) بعض أنواع مصابيح الصوديوم عالى الضغط

شكل (41-3) مصباح صوديوم أكسيد القصدير منخفض الضغط

جدول (11-6) البيانات الفنية لمصابيح الصوديوم واكسيد القصدير بدلالة الجهد والتيار

القدرة Watt	الجهد Volt	الامبير Amp	ناتج الضوء Lm	الكفاءة الضوئية Lm / W
40	75	0.5	4400	110
60	115	0.7	7100	118
100	125	0.95	12500	125
150	185	0.94	20500	135
200	265	0.90	30000	150

مصابيح بخار الزئبق عالي الضغط *High Pressure Mercury Vapour Lamps*

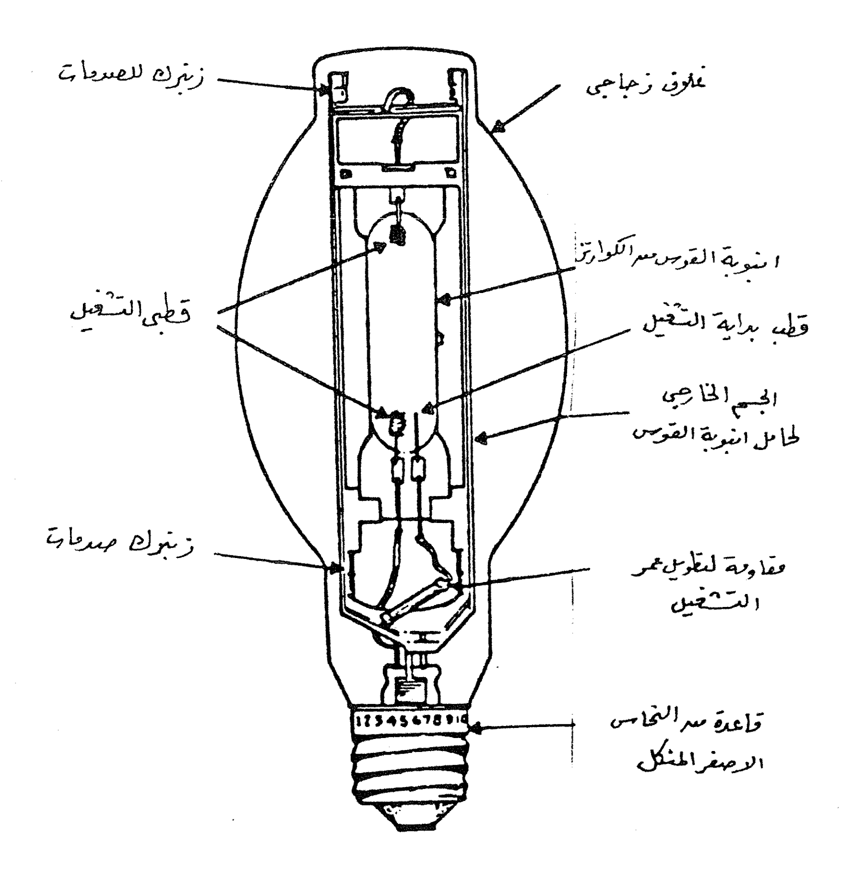
ويرمز لهذا النوع بالرموز *HPMV*

يتكون المصباح من أنبوبة تفريغ داخلية مصنوعة من الكوارتز وتحتوى على قطبين رئيسيين وقطب أو قطبين إشتعال مساعدين وتملأ بكمية صغيرة من بخار الزئبق عند ضغط من 2 إلى 10 بار وغاز خامل ويوصل القطب المساعد على أحد الجانبين بالقطب الرئيسى للجانب الآخر من خلال مقاومة.تحاط هذه الأنبوبة بغلاف خارجى للحفاظ على درجة الحرارة العالية المطلوبة داخل أنبوبة الكوارتز .

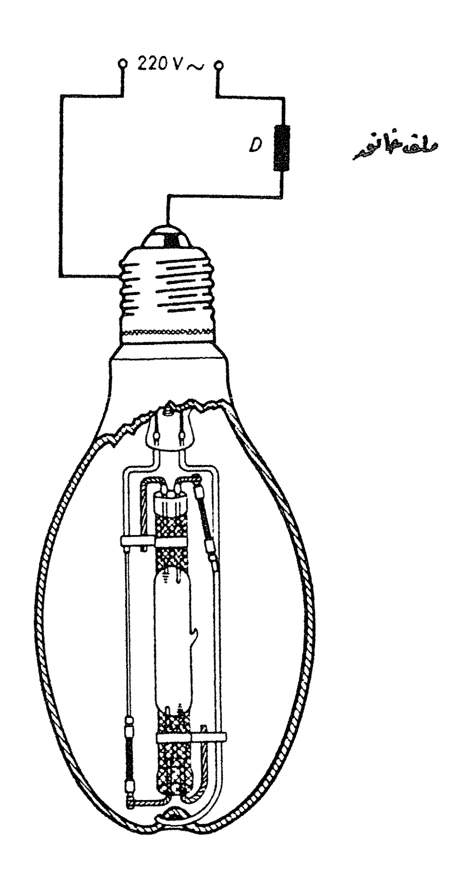
ويوضح شكل (42-3) مكونات مصباح بخار الزئبق عالى الضغط .

ويستخدم كابح تيار (*Ballast*) للحد من قيمة التيار كما فى شكل(43-3) . عند تسليط مصدر تغذية بين طرفى الدائرة المكافئة للمصباح ، كما فى شكل(44-3) ، يصل الجهد إلى الأقطاب الرئيسية والمساعدة ، ويحدث تفريغ متوهج بين الأقطاب ، يتبعه حدوث قوس تفريغ بين القطبين الرئيسيين .

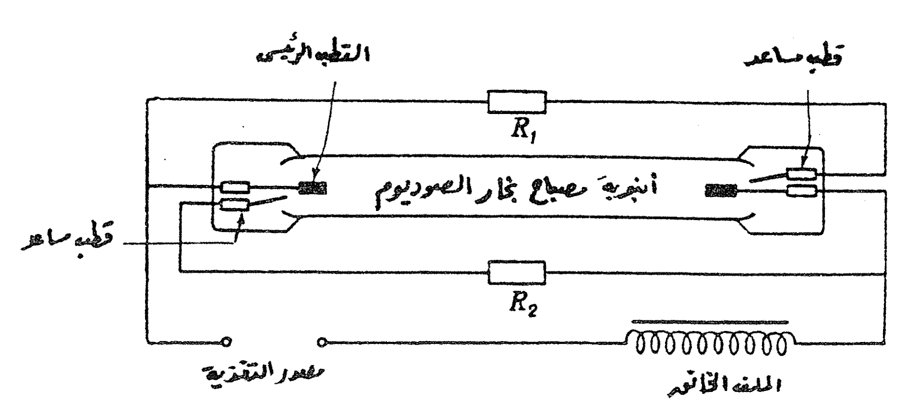
متوسط معامل القدرة لهذه المصابيح حوالى 0.5 ويمكن تركيب مكثف للوصول الى معامل قدرة حوالى 0.9 .



شكل (3-42) مصباح بخار الزئبق



شكل (3-43) مصباح بخار الزئبق عالي الضغط



شكل (3-44) الدائرة المكافئة لمصباح بخار الزئبق عالي الضغط

مخرج الضوء لمصابيح بخار الزئبق حوالى *50 lm/w* ويكون الزمن اللازم للوصول الى القيمة الكلية للفيض . حوالى من *2-4* دقائق .

يحتوى ضوء مصابيح بخار الزئبق على لون احمر فاتح ولون ابيض مميز ضارب الى الزرقة ويتكون من الاشعاعات الآتية :

44% لون اصفر- *54%* لون اخضر- *1%* لون احمر ، *1%* لون بنفسجى .

وتمتاز مصابيح بخار الزئبق بأنه امكن انتاجها بقدرات عاليه حتى *2KW* وفيض ضوئى اعلى من *100000* لومن .

يغطى الغلاف الخارجي لأنبوبة المصباح بمسحوق الفلورسنت للحصول على إشعاع احمر اضافى وعندئذ تصبح نسبة الاشعاعات كالآتى :

49% لون اصفر- *42%* لون اخضر- *7.5%* لون احمر وهذا يؤدى الى تحسين اللون . ويكون متوسط عمر تشغيل المصباح اكثر من *9000* ساعة . ويختلف النصوع لمصباح بخار الزئبق ذات اللون المحسن عن النوع التقليدى والذى لايحتوى على مسحوق الفلورسنت حيث يكون النصوع *10-15 cd/cm2* فى الاول بالمقابل للقيمة *500 cd/cm2* للنوع الآخر .

ونتيجة للكفاءة الضوئية العالية وعمر التشغيل الطويل للمصابيح فانها تستخدم بتوسع فى المصانع وخطوط السكك الحديدية والمطارات والورش ومراكز البيع واضاءة الشوارع.عند استخدام مصابيح بخار الزئبق للاضاءة الداخلية فيجب مراعاة توزيع مصدر تغذية المصابيح على الثلاثة اوجه للنظام ، وفى تتابع ، وذلك لتقليل ظاهرة التقلب او الارتعاش *(dtroboscopic)* بقدر الامكان .

يحتاج مصباح بخار الزئبق لعدة دقائق لاعادة الاشتعال ، بعد عملية الفصل ، وللتغلب على حالة الاظلام فى هده الفترة يجب اضافة مصابيح عادية (متوهجة) .

يوضح جدول *(3-12)* البيانات الفنية لمصابيح بخار الزئبق العادية .

ويوضح جدول *(3-13)* البيانات الفنية لمصابيح بخار الزئبق ذات اللون المحسن .

يبين جدول *(3-14)* مقارنة بين مصابيح بخار الزئبق والفلورسنت والمتوهجة من حيث تأثير تغير الجهد .

جدول *(3-12)* مصابيح بخار الزئبق العادية

القـــدرة W	الفيض الضوئى Lm	الكفاءة الضوئية Lm / W
80	3000	37.5
125	5000	40.0
1000	52000	52.0

جدول *(3-13)* مصابيح بخار الزئبق ذات اللون المحسن

القـــدرة W	الفيض الضوئى Lm	الكفاءة الضوئية Lm / W
80	3000	37.5
125	5400	43.2
250	11500	46.0
400	20000	50.0
700	36000	51.4
1000	52000	52.0
2000	125000	62.5

توجد أنوع مختلفة من مصابيح بخار الزئبق عالى الضغط منها :

(أ) مصابيح بخار الزئبق المحتوية على قطب مساعد *(Mercury Vapour Lamps with Auxiliary Electrode)* والتى يرمز لها بالرموز *(M.A)* ويوضح شكل *(3-45)* مكونات هذا النوع ويركب هذا النوع فى وضع رأسى .

(ب) مصابيح بخار الزئبق / دواة بمسمارين *(Mercury Vapour Lamps with Bayonet cap)* والتى يرمز لها بالرموز *M.B* ويوضح شكل *(3-46)*

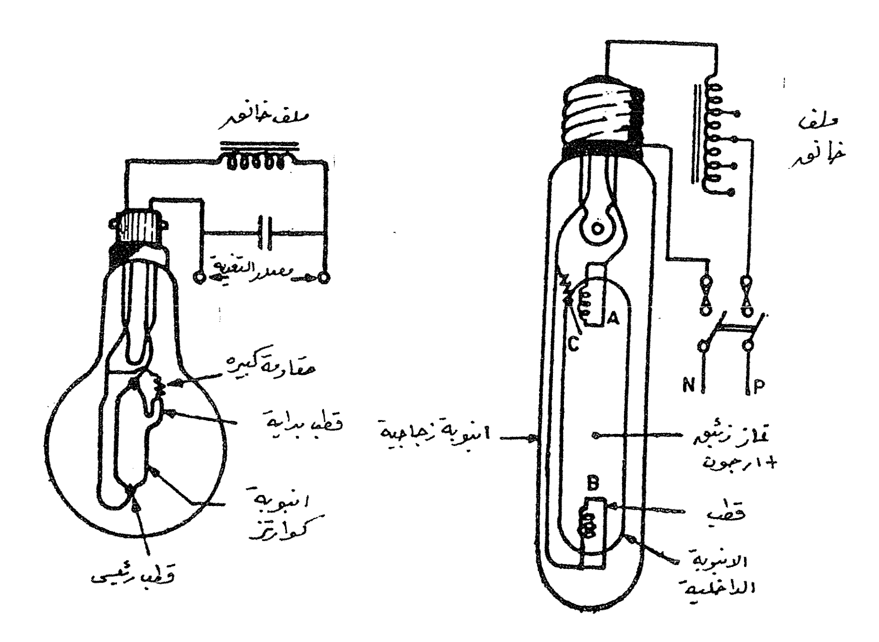
جدول (3-14) تأثير التغير فى الجهد على بعض انواع المصابيح

النـــوع	تأثير انخفاض الجهد	تأثير ارتفاع الجهد
المصابيح المتوهجة	انخفاض الجهد بنسبة 10% ينقص مخرج الضوء بنسبة 30%	ارتفاع الجهد بنسبة 10% ينهى عمر المصباح بنسبة 70% ، بينما ارتفاع جهد بنسبه 5% ينقص عمر المصباح بنسبة 50% يحتاج الى تغيير المصباح بصفة مستمرة
المصابيح الفلورسنت	انخفاض الجهد بنسبة 10% ينقص مخرج الضوء بنسبة 10% يمكن الا يحدث بداية تشغيل (اعتام)	ارتفاع الجهد يؤدى الى تقليل عمر التشغيل بشدة او انهيار للمصباح والملحقات .
مصابيح بخار الزئبق	انخفاض الجهد بنسبة 10% ينقص مخرج الضوء بنسبة 10%-25% يمكن حدوث انطفاء للمصابيح	ارتفاع الجهد بنسبة 5% يسخن المصباح ويقصر عمر تشغيل المصباح .

مكونات هذا النوع . ويصل الضغط داخل المصباح الى عشرة امثال الضغط الجوى ، وتكون البوصيلة الخارجية من الكوارتز لتتحمل الضغط المرتفع . ويركب المصباح فى اى وضع .

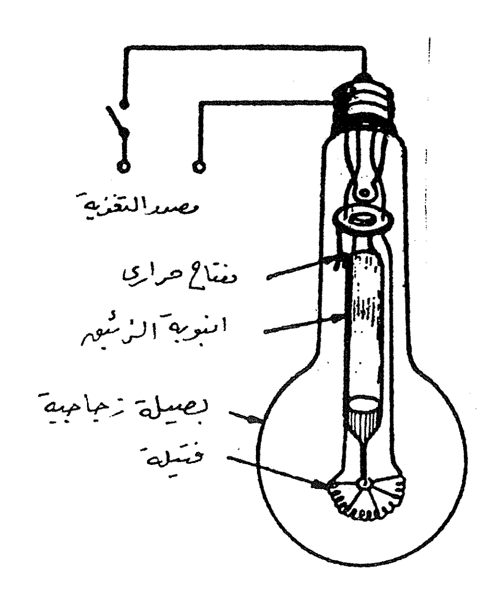
(جـ) مصابيح بخار الزئبق المحتوية على قطب مساعد وفتيلة من التنجستن *(Mercury Vapour Lamps with Auxiliary Electrode and Tungesten Filament)* والتى يرمز لها بالرموز *M.A.T* ويمتاز هذا النوع بأنه يمكن تشغيله من مصدر تيار متردد او مستمر . ولايحتاج الى ملف خانق .

تتصل الفتيلة على التوالى مع القطب . هذا النوع لايحتاج الى مكثف تحسين معامل القدرة لان معامل القدرة لهذا النوع حوالى 0.95 ، ويبين شكل (3-47) مكونات هذا النوع .



شكل (3-46) المصباح (M.B)

شكل (3-45) المصباح (M.A)



شكل (3-47) المصباح (M.A.T)

مصابيح الزئبق واليود *(Mercury Iodide Lamps)*

او مصابيح الهاليد المعدني *(Metal Halide Lamps)*

يتكون هذا النوع من نفس مكونات مصابيح غاز الزئبق عالى الضغط ، كما هو مبين بشكل *(3-48)* ولكن يضاف الى بخار الزئبق قليل من اليود (الهاليد المعدنى) وهذا يؤدى الى تحسين خصائص اللون والوصول الى كفاءة ضوئية اعلى والتى تتروح بين *75-100 lm/w* وذلك اعتماداً على قدرة المصباح وطريقة وضعه افقياً او رأسياً ، عموماً كلما زادت قدرة المصباح كلما ارتفعت كفاءة الاضاءة فالمصباح ذو قدرة *2KW* فيض ضوئى يصل الى *190000* لومن ويحتاج المصباح الى اجهزة اشعال منفصلة وملف خانق .

يصل عمر تشغيل المصباح الى *7500* ساعة وهى مناسبة للاستخدام فى الاضاءة العامة والصناعة وتكون تكلفة هذه المصابيح مرتفعة

ويوضح جدول *(3-15)* البيانات الفنية لمصابيح الهاليد المعدنى

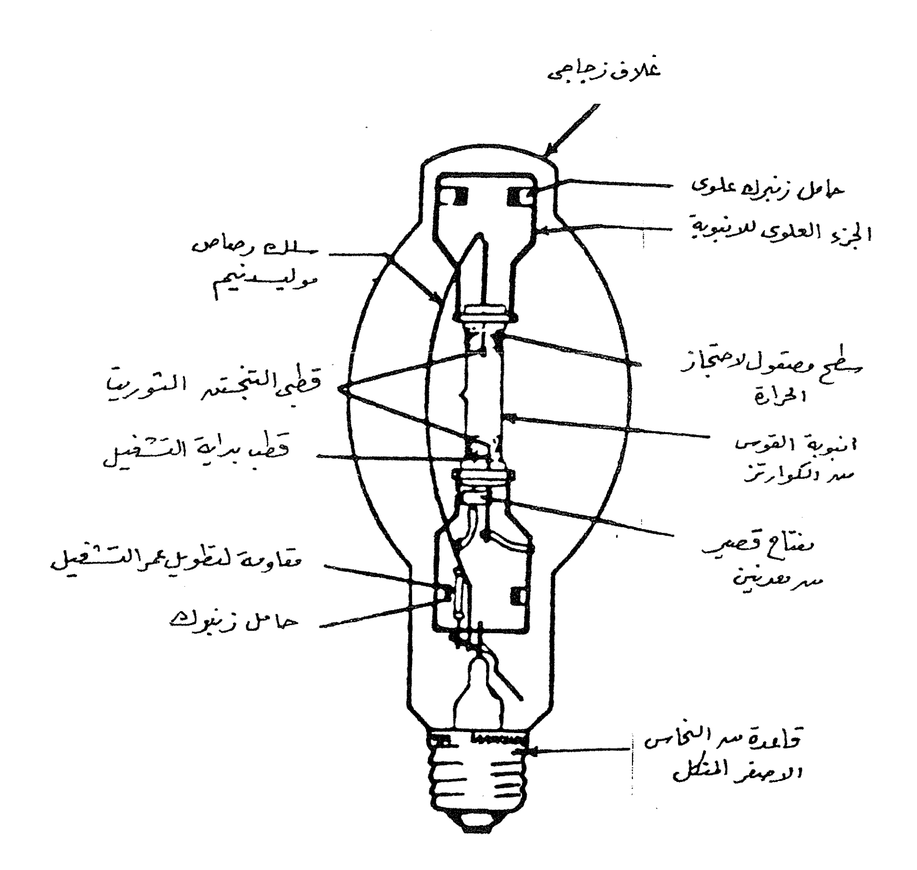
جدول *(3-15)* البيانات الفنية لمصابيح الهاليد المعدنى

القـــدرة W	الفيض الضوئى Lm	الكفاءة الضوئية Lm / W
250 / 288	17,500	61.0
400 / 450	27,600	61.0

مصابيح الضوء المخلوط *Blended - Light Lamps*

(Or Mixed - Light Mercury Tungsten Lamps)

يتكون اساساً من مصباح زئبق عالى الضغط وفتيلة من سلك ملفوف من التنجستن تحيط بأنبوبة التفريغ الداخلية ، وتوصل على التوالى مع انبوبة التفريغ وتقوم بعمل كابح التيار ، ويوضح شكل *(3-49)* المكونات وتوصيلها بمصدر التغذية . وعند مرور التيار بفتيلة التنجستن يتوهج السلك وترتفع درجة حرارته الى درجة منخفضة نسبياً عن درجة حرارة فتيلة المصباح المتوهج وينتج عن ذلك لون ضوء يغلب عليه اللون الاحمر ، ويتكون الضوء النهائي للمصباح من لون ضوء القوس



شكل (3-48) مصباح هاليد معدني

الكهربى ، والذى يكون خالى من اللون الاحمر ، ولون ضوء الفتيلة والذى يحتوى اساساً على اللون الاحمر .

وتتراوح الكفاءة الضوئية لمصابيح الضوء المخلوط من 17 إلى 28 لومن / وات ومتوسط عمر التشغيل حوالى 5000 ساعة وقد تصل الى 6000 ساعة .

ويوضح جدول (3-16) البيانات الفنية لمصابيح الضوء المخلوط .

جدول (3-16) البيانات الفنية لمصابيح الضوء المخلوط

قدرة المصباح Watt	جهد التشغيل Volt	الفيض الضوئى Lm	الكفاءة الضوئية Lm / w
160	225 - 235	2900	17
250	225 - 235	5500	19
500	225 - 235	12500	24
1000	225 - 235	28000	28

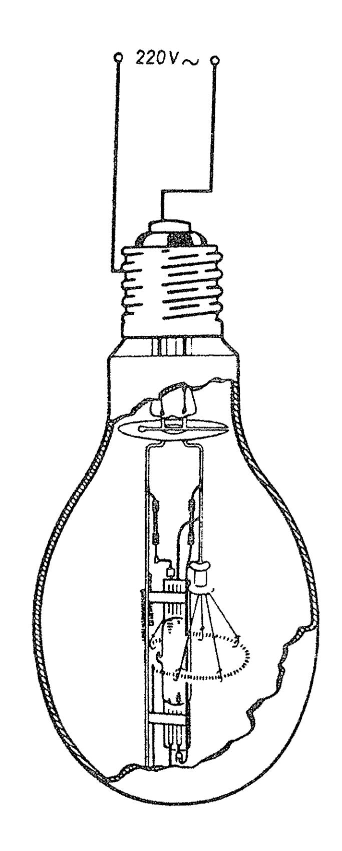
أنابيب النيون (*Neon Tubes*) :

او مصابيح تفريغ الغاز (*High-Voltage Gas - Discharge Lamps*)

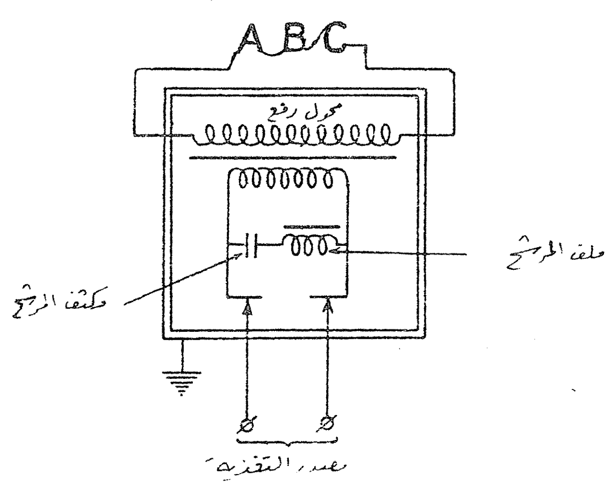
عبارة عن مصابيح تفريغ غاز بها مساحيق فلورسنت مختلفة مع الزئبق للحصول على ضوء له ألوان مختلفة يستعمل فى الإعلانات والزينة .

يجهز المصباح بأقطاب باردة (*Cold electrodes*) من الحديد النقى أو النيكل أو النحاس ، ويملأ بغاز النيون ذى الضغط المنخفض جداً مخلوطاً بقليل من الهيليوم . يوضح شكل (3-50) مثال لإستخدام أنابيب النيون لإضاءة الرموز *ABC* بينما يوضح شكل (3-51) مثال آخر لإضاءة الرموز *AEG* . أحياناً يضاف ملف خانق لكبح التداخل بين مصباحى النيون كما فى المثال الموضح بشكل (3-52) .

يعتمد جهد الإشعال على طول وقطر أنبوبة النيون والتى تتغير فى الحدود من *7mm* إلى *15mm* ويتغير الجهد المرغوب لكل وحدة طول من حوالى *8 volt/cm* للأنبوبة *8mm* إلى *4 volt/cm* للأنبوبة *15mm* . ويتغير التيار فى الحدود *30-200mA* إعتماداً على الحجم ، ويستخدم محول رفع للحصول على جهد التشغيل والذى يساوى

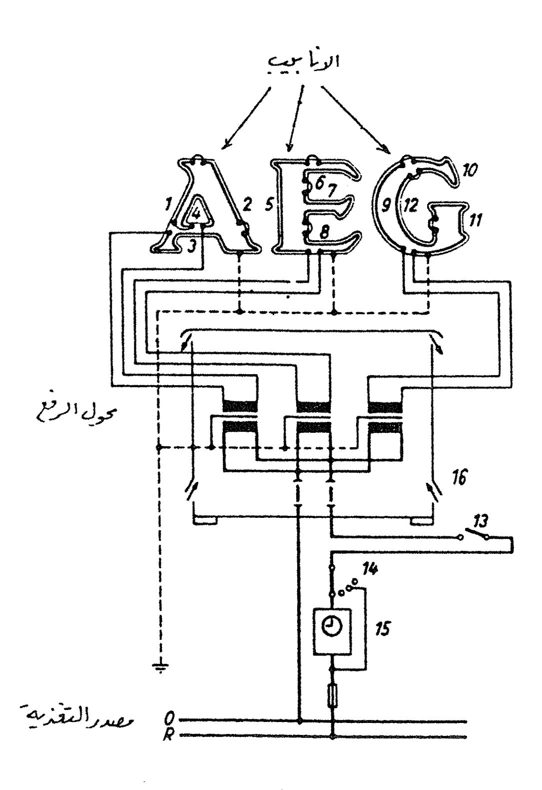


شكل (3-49) مصباح الضوء المخلوط



شكل (3.50) دائرة إضاءة الحروف ABC
باستخدام الأنابيب النيون

«الإضاءة وتوفير الطاقة»



شكل (3-51) دائرة اضاءة بالنيون للحروف AEG

حيث :

13 = مفتاح تنظيم للحريق

14 = المفتاح الرئيسى

15 = مؤقت

16 = التهوية

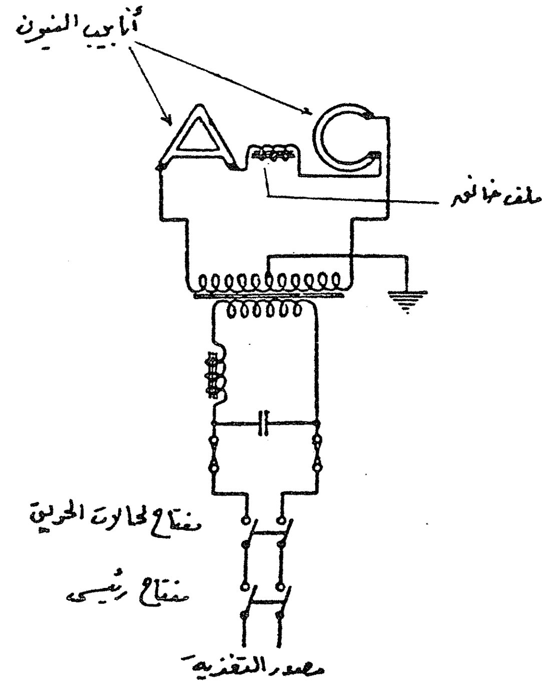
حوالى 6000 ڤولت .

فى حالة إستخدام مصدر تيار متردد (A.C) فإن القطبين يتوهجا فى نفس اللحظة ، بينما يتوهج القطب السالب فقط عند إستخدام مصدر تيار مستمر (D.C) لذا يكون القطب السالب أكبر . يمكن أن يكون القطب على شكل لولبى أو شريحة ، كما فى شكل (3-53) ، وللحد من قيمة التيار المار يضاف مقاومة تتراوح بين $2\ k\Omega$ إلى $3\ k\Omega$

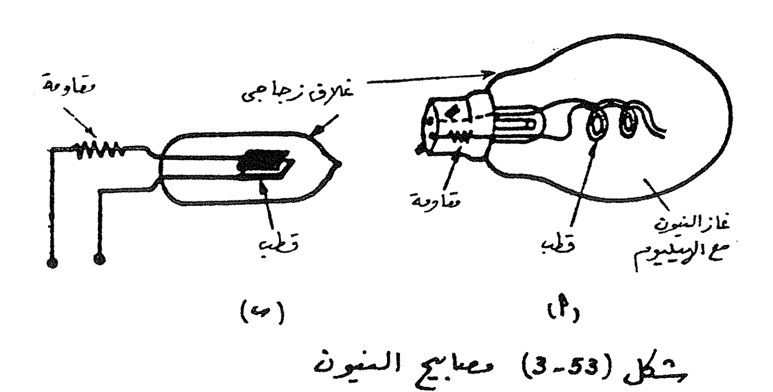
يبين جدول (3-17) البيانات الفنية للأنابيب النيون ذات الضوء الأبيض ويلاحظ إختلاف الكفاءة الضوئية بإختلاف تيار التشغيل .

جدول (3-17) البيانات الفنية لأنابيب النيون

لون الضوء	عند تيار التشغيل / قطر الأنبوبة mm	الفيض الضوئى Lm/m			قدرة المدخل مع أخذ المحول فى الإعتبار w/m			الكفاءة الضوئية Lm / W		
		70mA	100mA	120mA	70mA	100mA	120mA	70mA	100mA	120mA
ضوء النهار	22	590	800	920	23	33	40	25	24	23
أبيض (TW)	28	-	650	750	-	31	37	-	21	20
ناصع البياض	22	580	800	940	23	33	40	25	24	23
(LW)	28	-	650	770	-	31	37	-	21	20
أبيض دافئ	22	670	920	1080	23	33	40	29	28	27
(WT)	28	-	800	920	-	31	37	-	25	25
أبيض	22	580	800	940	23	33	40	25	24	24
(WE)	28	-	650	770	-	31	37	-	27	26
أبيض دافئ	22	540	730	850	23	33	40	23	22	21
(RW)	28	-	600	720	-	31	37	-	19	19



شكل (3-52) استخدام أنابيب النيون مع ملف خانق



شكل (3-53) مصابيح النيون

مقارنة بين أنواع المصابيح المختلفة :

سنوضح مقارنة بين المصابيح (بدون كابحات التيار) الآتية :

المتوهجة - تنجستن / هاليد - الفلورسنت - الصوديوم - الزئبق .

أولاً : يوضح جدول *(3-18)* مقارنة على أساس مساواة القدرة لكل هذه الأنواع وذلك بتوفيق عدد المصابيح للحصول على قدرة *400W* فى كل حالة .

ثانياً : يوضح جدول *(3-19)* مقارنة على أساس مساواة الفيض الضوئى *(Lumens)* لأنواع المصابيح وذلك بتوفيق عدد المصابيح للحصول على فيض *30,000Lm*

كذلك يوضح جدول *(3-20)* مقارنة للمصابيح مع كابحات التيار .

جدول *(3-18)* مقارنة بين الخصائص الفنية للمصابيح على أساس مساواة القدرة *400W*

النوع	عدد المصابيح المستخدمة	القدرة الكلية Watt	اللومن لكل مصباح	كفاءة المخرج لكل مصباح Lm/w	الوحدة الحرارية البريطانية BTU لكل ساعة (الكلية)	عمر التشغيل لكل مصباح hr	التكاليف الكلية لكل مصباح*
المصباح المتوهج العادى	4	400	1740	17.4	1364	750	*(0.50) 2.00
مصباح تنجستن/ هاليد	1	400	7500	18.8	1364	2000	16.25
مصباح فلورسنت	10	400	3150	78.9	1364	20000	(1.67) 16.7
مصباح صوديوم منخفض الضغط	3	405	21500	159.3	1381	18000	(40.0) 120.0
مصباح بخار الزئبق	1	400	22500	56.3	1364	24000	15.5
مصباح هاليد معدنى	1	400	34000	85.0	1364	15000	34.5
مصباح صوديوم عالى الضغط	1	400	50000	125.0	1364	20000	60.0

* الرقم بين القوسين لتكاليف الوحدة فقط .

التكلفة بالدولار

جدول (3-19) مقارنة بين الخصائص الفنية للمصابيح على أساس مساواة الفيض الضوئى 30,000Lm

النــوع	عدد المصابيح المستخدمة	الفيض الكلى لكل مصباح Lm	القدرة لكل مصباح Watt	كفاءة المصدر لكل مصباح Lm/w	الوحدة الحرارية البريطانية BTU لكل ساعة (الكلية)	عمر التشغيل لكل مصباح hr	التكاليف الكلية لكل مصباح*
المصباح المتوهج العادى	17	29580 (1,740)	100	17.4	5797	750	(0.5) * 8.5
مصباح تنجستن/ هاليد	4	30,000 (7,500)	400	18.8	5456	2000	(16.25) 65.60
مصبـاح فلورسنـت	10	31,500 (3,150)	40	78.9	1364	20000	(1.67) 16.7
مصباح صوديوم منخفض الضغط	1	33,000	180	183.3	614	18000	60
مصباح بخار الزئبق	2	26,000 (13,000)	250	52.0	1705	24000	(18.75) 37.50
مصباح هاليد معدنى	1	43,000	400	85.0	1344	15000	34.50
مصباح صوديوم عالى الضغط	1	30,000	250	120.0	853	15000	64.00

* الرقم بين القوسين لتكاليف الوحدة فقط .
التكلفة بالدولار

جدول (3-20) مقارنة للمصابيح المختلفة عند استخدام كابحات التيار

النــوع	القدرة Watt	الفيض الضوئى Lm	كفاءة المصباح Lm / W	كفاءة النظام Lm/W	عمر التشغيل hr
المصباح المتوهج العادى	100	1,750	17.5	17.5	750
مصباح تنجستن/ هاليد	250	4,850	18,4	19.4	2,000
مصبـاح فلورسنـت	40	3,150	78,8	68.5 [a]	20,000
مصباح صوديوم منخفض الضغط	180	33,000	183,3	150 119.3 [b]	18,000
مصباح بخار الزئبق عالى الضغط	400	22,000	56.3	49.2	24,000
مصباح هاليد معدنى	400	40,000	100.0	85.0	15,000
مصباح صوديوم عالى الضغط	400	50,000	125.0	100.2	24,000

a : بإستخدام كابح تيار لمصباحين 92w

b : بإستخدام كابح تيار ذى معاوقة عالية 33000 Lm, 220 w

الباب الرابع

الخواص اللونية لمصادر الضوء

يعتبر ضوء النهار الأبيض هو أفضل ضوء يمكن عن طريقه تمييز ومعرفة الألوان الحقيقية للأجسام . ويوصف مصدر ضوء بمقدرته على إظهار جميع الألوان بلونها الطبيعي الحقيقي إذا إحتوى الطيف الضوئى الصادر منه على الألوان الأساسية الثلاثة ، أى الأحمر والأخضر والبنفسجي ، بنفس قيمة تواجدهم فى الطيف الضوئى الصادر من ضوء النهار الأبيض .

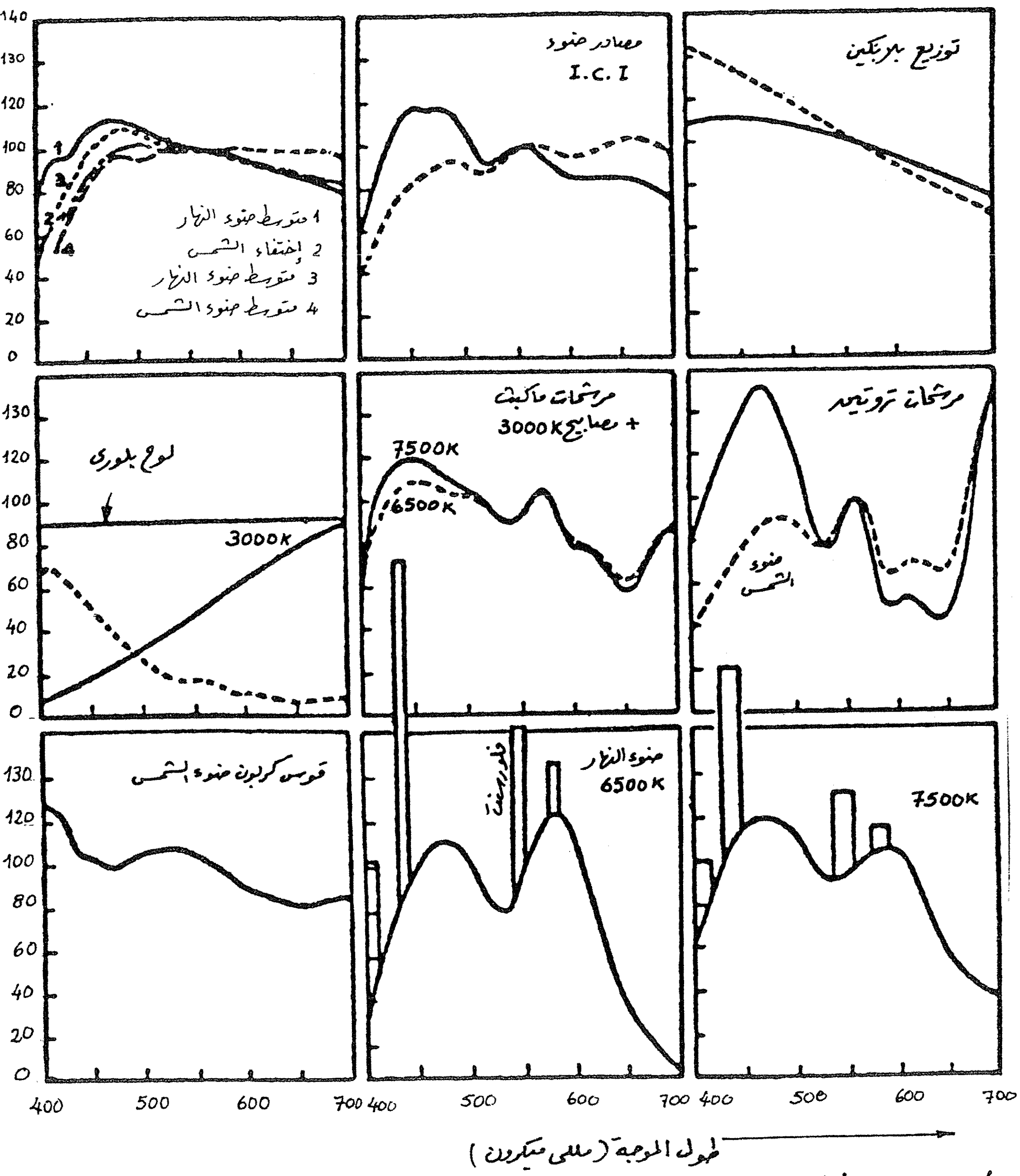
عموماً ، خلال الطيف الضوئى المرئى ، يميز طول موجة عن آخر بمقدرته على إثارة العين للشعور بالألوان المختلفة . فمثلاً يصدر عن الموجات القصيرة الشعور باللون البنفسجي ، وبزيادة طول الموجة تشعر العين بتغير تدريجى فى اللون ، الأزرق ـ الأخضر ـ الأصفر ـ البرتقالى وأخيراً الأحمر عند أطول موجة فى الطيف المرئى .

ويمكن الشعور بالألوان ، الناتج من الخاصية المركبة للضوء ، من منحنيات توزيع الطاقة الطيفى للألوان . حيث يعرف اللون بمدى الشعور المرئى والذى يرتبط ذهنياً مع التوزيع الطيفى للضوء . ويوضح شكل *(4-1)* توزيع الطاقة الطيفى لبعض الأنواع المختلفة لمصادر الضوء.وسوف نحتاج لبعض التعريفات الآتية أولاً :

1 - ***درجة الحرارة اللونية*** *Colour Temperature*

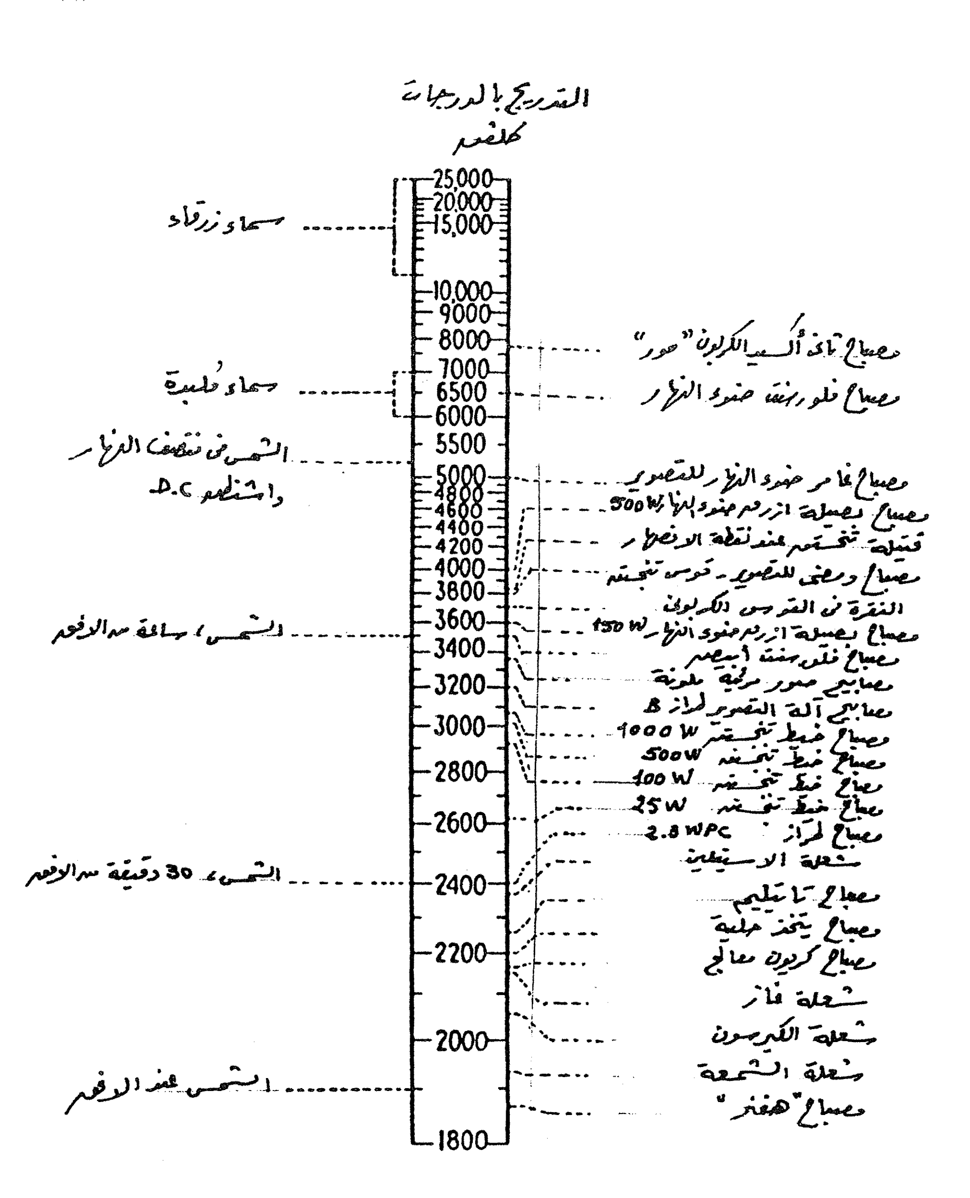
يستخدم تعبير درجة الحرارة اللونية لوصف لون الضوء الناتج من المصدر الضوئى، وذلك بمقارنته بلون جسم أسود ، والذى يعرف نظرياً بالمشع الكامل *Complete Radiator* ، يتغير لون الجسم الأسود عند إرتفاع درجة حرارته ، مثل أى جسم متوهج ، من أحمر داكن متوهج إلى أحمر مضئ ، برتقالى ، أصفر ، ويصل فى النهاية إلى اللون الأبيض ثم أبيض مائل إلى الزرقة ثم أزرق .يشبه لون ضوء شعلة الشمعة نفس اللون الصادر من جسم أسود عند حوالى *1800* درجة كلفن ، ويكون لون الضوء الصادر من مصباح فتيلة التسخين *(100w)* قريب جداً من اللون الأبيض ، وحيث إننا نحصل على نفس الشئ من جسم اسود عند درجة حرارة *2875* كلفن ، فإن درجة الحرارة اللونية للمصباح تكون *2875* كلفن .

ويوضح شكل *(4-2)* مصادر إضاءة مختلفة طبيعية وصناعية ودرجة الحرارة



شكل (1-4) منحنيات توزيع الطاقة الطيفي لمصادر الضوء (بعض المصادر بدائل تقليدية لضوء النهار الطبيعي).

«الاضاءة وتوفير الطاقة»



شكل (٢-٤) قيم تقريبية لدرجات الحرارة اللونية لمصادر الضوء الكهربائي والطبيعي والشعلة.

اللونية المقابلة لكل مصدر .

وطبقاً لتوصيات اللجنة الدولية للإضاءة *International Commission Illumination* والتى يرمز لها بالرموز *(CIE)*تم تسجيل ألوان جسم أسود عند درجات الحرارة المختلفة ، والذى يعرف بالمحل الهندسى «بلانكن» *(Planckin Locus)* ، ويوضح شكل *(3-4)*المحل الهندسى لجسم اسود ، على الرسم البيانى اللونى القياسى *(CIE)* ، بالإضافة إلى خطوط درجات الحرارة اللونية الثابتة ، ويمكن تصنيف اللون عند أية نقطة على هذا المنحنى بدرجة الحرارة المقاسة المقابلة بوحدات كلفن *(Kelvin)* . لا تكون درجة الحرارة اللونية هى درجة الحرارة الحقيقية المقاسة ولكن تستخدم فقط لتعريف لون ضوء المصادر المشابهة للألوان الصادرة من الجسم الأسود .

ويجب التأكيد هنا على أن درجة الحرارة اللونية ليس لها أى علاقة أو دلالة لدرجة حرارة المصابيح ولكنها مجرد طريقة متفق عليها عالمياً لوصف اللون عن طريق اعطائه رقماً محدداً .

2- دليل أمانة نقل الألوان *Colour Rending Index*

ويرمز له بالرموز *(Ra)* أو *(CRI)*

وهو المقدرة على إيضاح أو إظهار اللون على طبيعته فى وجود مصادر الضوء المختلفة .

يعتمد حساب دليل أمانة نقل الألوان *(Ra)* على القواعد الآتية :

* خصائص الإنعكاس الطيفى للألوان المختبرة .
* التوزيع الطيفى للمصدر المراد إختباره .
* التوزيع الطيفى للمصدر المستخدم كمرجع .
* تهيئة أو تكييف عين الإنسان .

ويكون الرقم *100* هو أقصى قيمة لدليل أمانة نقل الألوان ونحصل عليه عندما يتماثل كل من التوزيع الطيفى للمصدر المراد إختباره والمصدر المستخدم كمرجع .

ويكون المصدر الضوئى المستخدم كمرجع للمصادر ذات درجة الحرارة اللونية المساويه أو أقل من *5000* كلفن عبارة عن «مشع كامل» عند أقرب نقطة لونية .

بينما لدرجات الحرارة اللونية الأعلى من *5000* كلفن فيجهز تمثيل لضوء النهار لمصدر الضوء المستخدم كمرجع وذلك عند درجة حرارة لونية مناسبة .

ويكون لبعض أنواع مصابيح التفريغ منحنى توزيع طاقة طيفى قريب جداً من منحنى مصدر المرجع عندئذ يكون دليل أمانة نقل اللون ممتاز ، مع أن كفاءه المصابيح منخفضة . ولبعض المصابيح الأخرى منحنى توزيع طاقة طيفى مختلف عن منحنى مصدر المرجع وعندئذ يكون دليل أمانة نقل اللون ضعيف أو ضعيف جداً على الرغم من أن كفاءتها عالية .

كما يكون للمصابيح المتوهجة منحنى توزيع طاقة طيفى متماثل جداً مع منحنى المصدر المستخدم كمرجع وعلى ذلك فلها دليل أمانة لون أكثر من ممتاز ، وتكون فاعلية هذه المصابيح إلى حد ما ضعيفة .

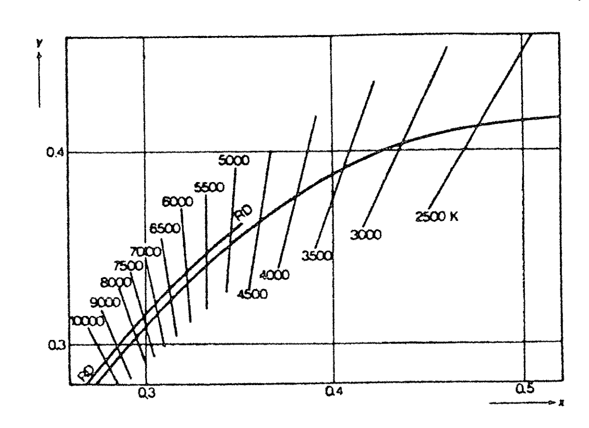
يختلف منحنى توزيع الطاقة الطيفى مع إختلاف عمر تشغيل المصباح ، فمثلاً يوضح شكل *(4-4)* مقارنة بين منحنى توزيع الطاقة الطيفى عند درجة حرارة لونية *4000*كلفن لمصباح فلورسنت جديد وآخر مستخدم لكل منهما قدرة *40W* ، وكذلك يوضح الشكل منحنى حساسية العين *(Eye sensitivity curve)* تبعاً لتوصيات اللجنة الدولية للإضاءة *(CIE)* .

3- الرسم البياني اللوني *Chromaticity Diagram*

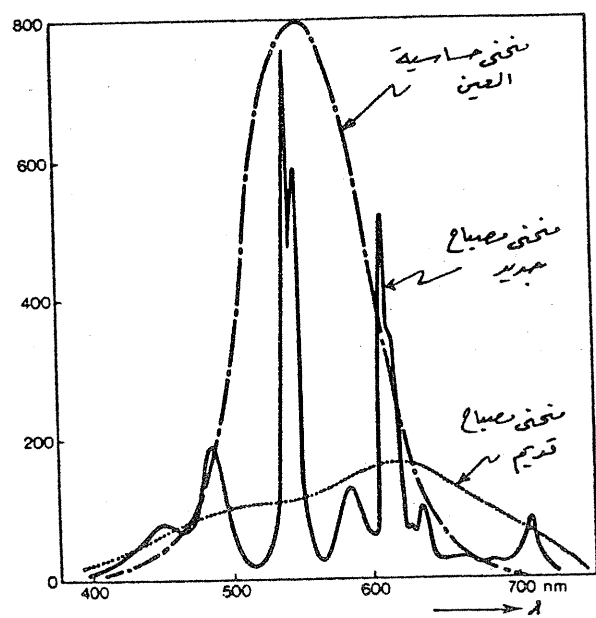
أو مثلث اللون *Colour Triangle*

فى عـام *1931* أقرت اللجنة الدولية للإضاءة *International Commission Illumination* ، والتى يرمز لها بالرموز *(CIE)* ، مثلث اللون أو الرسم البيانى اللونى لتوصيف أى لون بدلالة إحداثى اللون ، كما فى شكل *(4-5)* والذى يمثل للتبسيط بالشكل *(4-6)* . هذه الإحداثيات ، والتى توصف بمعرفة صانع المصابيح لكل نوع مصباح ، تحسب من توزيع الطاقة الطيفى المعروف للمصابيح وإستجابة المراقب اللونى القياسى *(CIE)* للألوان الأساسية الأحمر والأزرق والأخضر .

ولكن عيب الرسم البيانى اللونى عدم إنتظام المسافات اللونية ، بمعنى آخر أن الخطوات المتساوية للإحداثيين *Y, X* لا تمثل تمييزالألوان المتساوية المرئية .

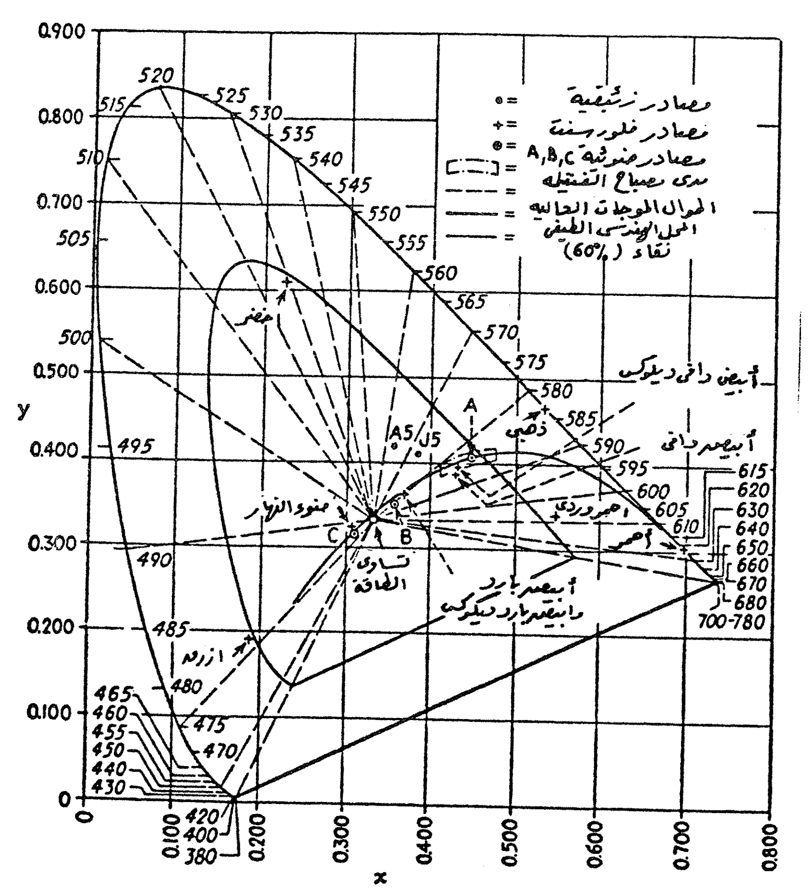


شكل (3-4) المحل الهندسى "بلانكيه" لجسم أسود



شكل (4-4) مقارنة بين منحنى توزيع الطاقة الطيفى عند درجة حرارة لونية 4000 كلفن لمصباحين فلورسنت 40W (قديم / جديد)

«الاضاءة وتوفير الطاقة»



شكل (٥-٤) منحنى معامل الالوان النقية لمصادر الاضاءة المختلفة

(الرسم البيانى اللونى)

حيث :

A مصباح متوهج له درجة حرارة لونية 2854 كلفن

B, C المصباح فى الحالة A معدلا باستخدام مرشحات مصممة للحصول على درجة حرارة لونية 5000 كلفن ، 6500 كلفن على التوالى .

يرى هذا فى الشكل *(4-7)* ، الذى فيه المحل الهندسى لكل خطوة متساوية فى اللون بعيداً عن نقطة فى أى إتجاه تأخذ شكل القطع الناقص ، ويتغير حجم القطع الناقص تبعاً لوضعه فى الشكل البيانى . فى عام ١٩٦٠ أوصت *(CIE)* بإستخدام الرسم البيانى للتدريج اللونى المنتظم *(Uniform Chromaticity Scale)* ، والذى يرمز له بالرموز *(UCS)* ، لتوصيف تمييز الألوان .

4- نظام «منسل» *Munsell System*

من أحسن النظم المعروفة لتوصيف الألوان فى حالة ضوء النهار هو نظام «منسل». تعتمد فكرة هذا النظام على أن اللون له ثلاثة أبعاد هى : تدرج اللون *(Hue)* ، القيمة *(Value)* ، اللونية *(Chroma)* . فى نظام «منسل» يعطى كل بعد من هذه الأبعاد الثلاثة قيم تدريجية . يعمل هذا التدريج بتجميع شرائح لونية تشكل كتاب لجدول الألوان *(Colour Charts)* كل جدول له متغير ثابت واحد من الثلاثة متغيرات كما فى شكل *(4-8)* .

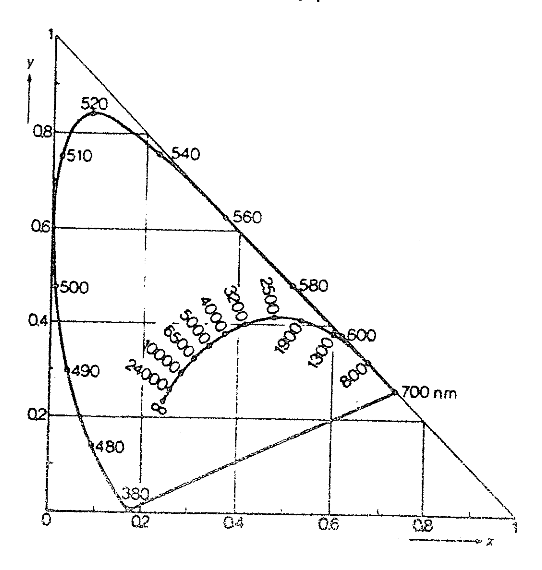
يحتوى محور تدريج اللون *(Hue)* على خمسة تدرجات فى اللون هى : الأحمر *(R)* ، الأصفر *(Y)* ، الأخضر *(G)* ، الأزرق *(B)* ، الأرجوانى *(P)* ، بالإضافة إلى خمس ألوان متوسطة بين الألوان السابقة وهى *YP, GY, BG, PB & RP*

تشير القيمة *(Value)*، والتى تمثل النصوع *(Brightness)* تدرج اللون ، على تدريج رمادى لمدى رقمى من *0* (الأسود) إلى *10* (الأبيض) .

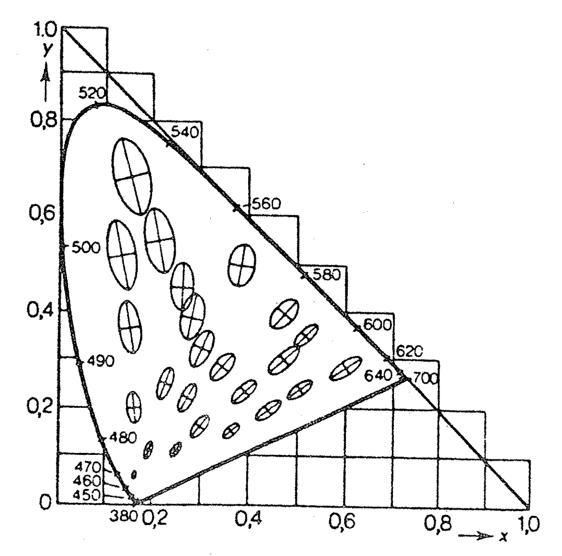
بالنسبة للبعد الثالث وهو اللونية *(Chroma)* ، والتى تمثل تشبع اللون أو تحوله *(Conversely)* ، فإنها تمثل برقم حتى *16* خطوة من قيم المستويات المعطاة .

وهكذا ، فإن نظام «منسل» ، لأى لون يوصف بثلاثة أو أربعة رموز . مثلاً ، فإن لون أصفر محدد بقيمة نصف التدريج الرمادى العلوى *(5)* وستة درجات فى تدريج اللونية من نقطة التعادل يكتب بالرموز *5Y 5/6* وتعنى *Hue, Value/Chroma* كما فى شكل *(4-9)* .

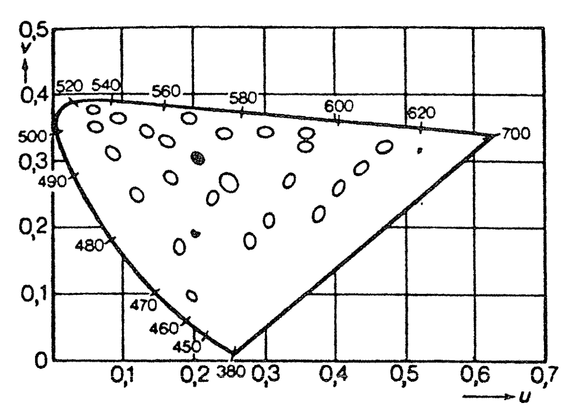
وبصورة عامة تميز أنواع الألوان تبعاً لخاصيتى مظهر اللون ودليل أمانة نقل الألوان كالآتى :



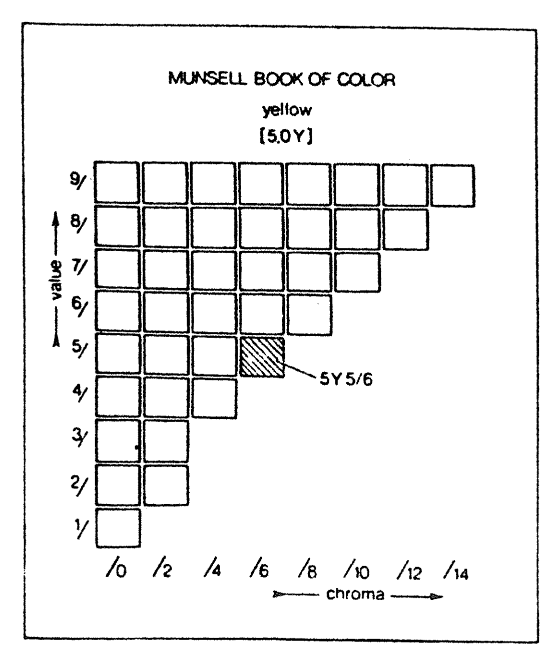
شكل (٤-٦) الرسم البيانى اللونى طبقا لما أقرته اللجنة الدولية لشدة الاضاءة (ICE)



شكل (٤-٧) تميز الالوان باستخدام القطع الناقص تبعا لوضعه على الرسم البيانى اللونى .



شكل (4-8) الرسم البيانى للتدريج اللونى المنتظم لتوصيف تميز الالوان .



شكل (4-9) أحد صفحات كتاب "منسل" لتدريج اللون الثابت والذى يوضح وضع الشريحة 5Y5/6

1- مظهر اللون *Colour Appearance* :

تقسم المصابيح ، ماعدا الملونة منها ، إلى ثلاثة مجموعات تبعاً لمظهر اللون (والمتعلقة بدرجة الحرارة اللونية *Colour Temperature*) ، ويوضح جدول *(4-1)* العلاقة بين مظهر اللون ودرجة الحرارة اللونية .

جدول *(4-1)*

مظهر اللون *Colour Appearance*	درجة الحرارة اللونية *Correlated Colour Temperature*
بارد (أبيض مائل إلى الزرقة) *Cool* (يغلب عليه فى تحليله الطيفى الألوان القريبة من الأزرق فى الطيف الضوئى وهى البنفسجى والأزرق والأخضر	> 5500 °k
متوسط (أبيض) *Intermediate* (ويغلب عليه فى تحليله الطيفى الألوان المتوسطة وهى الأخضر والأصفر)	3300 - 5500 °k
دافئ (أبيض مائل إلى الإحمرار) *Warm* (ويغلب عليه فى تحليله الطيفى الألوان القريبة من الأحمر وهى الأحمر والبرتقالى والأصفر)	< 3300 °k

وللإضاءة الجيدة ، يجب أن ينسب لون الضوء ، الصادر من مصادر ضوء مناسبة ، إلى مستوى شدة الإضاءة *(Illuminance)* ومن التجربة ، وجد انه عند زيادة مستوى شدة الإضاءة ، تزيد درجة الحرارة اللونية لمصادر الضوء ، أى أن شدة الإضاءة المرتفعة يصاحبها لون ضوء مصدر أكثر بياضاً .

ويوضح جدول *(4-2)* العلاقة بين مظهر اللون وشدة الاضاءة لمصدر اضاءه بالفلورسنت .

جدول *(4-2)*

شدة الإضاءة Lux	مظهر لون المصدر		
	دافـئ	متوسـط	بــارد
≤500	صافى	طبيعى	بارد
500 - 1000	↕	↕	↕
1000 - 2000	مثير	صافى	طبيعى
2000 - 3000	↕	↕	↕
≥3000	غير طبيعى	مثير	صافى

2- دليل أمانة نقل الألوان *Colour Rendering* :

كما ذكر سابقاً ، فإن أقصى قيمة نظرية لدليل أمانة نقل الألوان هى الرقم *100* وللتطبيقات العملية ، أوصت اللجنة الدولية للإضاءة *(CIE)* بتقسيم دليل أمانة نقل الألوان إلى أربعة مجموعات هم :

أ) المجموعة رقم *1* ولها دليل أمانة نقل اللون أكبر من أو يساوى *85*

ب) المجموعة رقم *2* ولها دليل أمانة نقل اللون بين *70* إلى *85*

ج) المجموعة رقم *3* ولها دليل أمانة نقل اللون أقل من *70*

د) المجموعة *S* وهى حالة خاصة .

ويوضح جدول *(4-3)* تصنيف وتعريف هذه المجموعات ومجال إستخداماتها .

تطبيقات :

١- المصابيح الفلورسنت طراز *TL*

تصنيف الوان الضوء من حيث درجة حرارة اللون

الالوان الدافئة ارقام *29,/82/83/92/93 (Warm colours/29,/82,/83,/92,/93)*

درجات حرارة اللون حوالى *3000* ° *k* ويمتاز اللون بأنه يساعد على الراحة

جدول (4-3)

مجموعة دليل أمانة نقل اللون	حدود دليل اللون R_a	مظهر اللون	تطبيقات
1	$R_a \geq 85$	بارد	- صناعة الغزل - صناعة الطباعة والبويات
		متوسط	- اضاءة الشاشات - المحلات - المستشفيات
		دافئ	- المنازل - الفنادق - المطاعم
2	$70 \leq R_a \leq 85$	بارد	- للاجواء الدافئة - المكاتب - المدارس - مخازن القسم - الصناعات الدقيقة
		متوسط	- للأجواء العادية - المكاتب - المدارس - مخازن القسم - الصناعات الدقيقة
		دافئ	- للاجواء الباردة - المكاتب - المدارس - مخازن القسم - صناعات البيئة العادية
3	$R_a < 70$ ولكن لها قبول كافى لخصائص دليل امانه نقل الالوان وتستخدم للاعمال الداخلية عامة		بالاماكن الداخلية عندما يكون دليل امانة نقل الالوان اقل اهمية نسبياً .
S (حالة خاصة)	مصابيح لها دليل امانة نقل الوان غير عادى		تطبيقات خاصة

والاسترخاء وتستخدم جيداً مع او فى وجود المصابيح المتوهجة ولاتستخدم فى ضوء النهار .

الالوان البيضاء ارقام *25,/33,/84,/94 (White colours/ 25,/33,/84,/94)*

درجات حرارة اللون حوالى *4000 °k* تستخدم جيداً مع ضوء النهار .

الوان ضوء النهار ارقام *54,/85,/86,/95,/96 (Daylight colours /54,/85,/86,/95,/96)*

درجات حرارة اللون حوالى *6000 °k* الضوء يشبه ضوء النهار . وعادة تستخدم عند الاحتياج لتميز الالوان او مقارنة الالوان او عند الحاجة لتأثير اضاءة بارد فى مساحة دافئة .

تصنيف الوان الضوء من حيث خصائص دليل الالوان

الالوان القياسية *(Standard colours)*

يكون متوسط دليل امانة نقل الالوان *(Colour rendering index)* ضعيف ويساوى *65* ويستخدم للاماكن التى لاتحتاج لتميز الالوان مثل المخازن .

الالوان سوبر *80 (Super 80 colours)*

تعد هذه المجموعة هى الاختيار الافضل لاماكن السكن والعمل بين الكفاءة ودليل امانة نقل الالوان *85*

الالوان دى لوكس *90 (90 De luxe colours)*

ولها دليل امانة نقل الالوان *95* او اكثر ويطلق عليه دليل الالوان الفاخر ويستخدم فى الاماكن التى تحتاج لتميز الالوان بدرجة دقة عالية بقدر الامكا ن مثل محلات الملابس ـ الاقمشة ـ المتاحف ...

ويوضح جدول *(4-4)* خصائص لون الضوء لمصابيح فلورسنت طراز *TL,D* قدرة *36 W*

جدول (4-4) خصائص لون الضوء لمصابيح فلورسنت طراز TL,D قدرة $36W$

تصنيف اللون من حيث دليل الالوان	درجـــة اللـــــون	درجة الحرارة اللونية $k°$	دليل امانة نقل اللون Ra	الكفاءة الضوئية Lm/w	مظهر اللون من حيث درجة الحرارة اللونية
الالـــوان القياسية	25	4000	70	69	ابيض
	29	2900	51	83	دافئ
	33	4100	63	83	ابيض
	35	3500	55	83	—
	54	6200	72	69	ضوء النهار
	79	3800	72	45	—
الالـــوان سوبر 80	82	2700	85	90	دافئ
	83	3000	85	96	دافئ
	84	4000	85	96	ابيض
	85	5300	85	92	ضوء النهار
	86	6500	85	90	ضوء النهار
	89	10000	--	68	—
الالوان دى لوكس 90	92	2700	95	63	دافئ
	93	3000	95	64	دافئ
	94	3800	95	65	ابيض
	95	5300	98	65	ضوء النهار
	96	6500	98	65	ضوء النهار

2- مجموعة مصابيح مختلفة .

يوضح جدول (5-4) خصائص لون الضوء لانواع المصابيح المختلفة : المتوهجة - الهالوجين - الفلورسنت - الزئبق - الهاليد المعدنى .....

جدول (5-4) خصائص لون الضوء لانواع مصابيح مختلفة

النـــــــوع	دليل امانة نقل الالوان	مظهر اللون
المصابيح المتوهجة	100	ابيض دافئ مائل الى الاصفرار
مصابيح التنجستن الهالوجينية	100	ابيض دافئ
مصابيح الفلورسنت	51-98	ابيض/ دافئ/ ضوء النهار
مصابيح الزئبق عالى الضغط	15-52	ابيض مائل الى الزرقة
مصابيح الهاليد المعدنى	70-92	ابيض (فى الحدود من الابيض الدافئ الى ضوء النهار)
مصابيح الضوء المخلوط	60-72	ضوء مائل الى الاحمرار
مصابيح الصوديوم منخفض الضغط	-45	ضوء اصفر وحيد اللون
مصابيح الصوديوم عالى الضغط	23-85	ابيض دافئ

الباب الخامس

«المعتام» خافض شدة الإضاءة

Dimmer

تحتاج بعض الاماكن مثل : المسارح ـ السينما ـ استوديوهات التلفزيون ـ قاعات المحاضرات ـ المعارض .... الى وسيلة للتحكم وتنظيم شدة الاضاءة بها . وتعتمد الفكرة على تقليل ناتج الضوء من المصابيح عن طريق تخفيض جهد تشغيل هذه المصابيح . ويتم ذلك باستخدام خافض شدة الاضاءة *(Dimmer)* والذى يمكن ان يكون اما مقاومة او ممانعة او مكبر مغناطيسى *(Magnetic amplifier)* أو عن طريق دوائر الكترونيات القوى مثل الثيريزتور *(Thyristor)* أو الترياك *(Triac)* .

ويكون مصدر التغذية لخافض شدة الاضاءة عبارة عن مصدر جهد متردد *(A.C)* احادى الوجه ـ ثابت القيمة ـ وله مخرج جهد متغير لايحتوى على ارتعاش *(Flicker)* ويغذى مجموعة من المصابيح للحصول على شدة إضاءة متغيرة .

يصنف خافض شدة اضاءة من حيث الاستعمال الى :

- تشغيل يدوى *(Manual operation)*
- تشغيل آلى *(Automatic operation)*

ويصنف من حيث فكرة التشغيل الى :

- عن طريق التحكم فى الجهد *(Voltage control)*
- عن طريق التحكم فى التيار *(Current control)*
- عن طريق التحكم فى زاوية الوجه *(Phase angle control)*

وتختلف خصائص وقدرة ومكونات كل نوع ، ويوضح جدول *(5-1)* الخصائص العامة لكل نوع .

جدول *(5-1)* خصائص انواع تحكمات خافض شدة الإضاءة

البيان / نوع التحكم المستخدم	تحكم فى الجهد	تحكم فى التيار	تحكم فى زاوية الوجــه	
وسيلة التحكم	محول تنظيم	ممانعة او مقاومة متغيرة	مكبر مغناطيسى	ثيريزتور او ترياك
الخصائص	- كفاءة عالية - يمكن ضبطه اما يدوياً أو من خلال محرك - يتعرض للتآكل او التلف	- كفاءة منخفضة - يعتمد على تغيير الحمل - يتعرض للتآكل او التلف	- كفاءة عالية - لايعتمد على الحمل - لاتوجد به أجزاء معرضة للتآكل	- كفاءة عالية - لايعتمد على الحمل - صغير الحجم - لاتوجد به اجزاء معرضة للتآكل
مدى القدرة	$\leq 5\ KAV$	يستخدم فقط مع مصباح واحد	$\leq 10\ KAV$	$\leq 20\ KAV$
مناسبة الاستعمال	لايمكن استعماله لجميع انواع المصابيح	يستعمل لأغراض خاصة مثلاً فى دوائر التشغيل بالتيار المستمر *D.C*	يستعمل اساساً مع المصابيح المتوهجة	مناسب لجميع انواع المصابيح القابله للتحكم

وفيما يلى توضيح لكل نوع :

١- عن طريق *التحكم في الجهد* *(Voltage control)*

يستخدم جزء من محول تنظيم حلقى *(Toroidal regulating transformers)* للتحكم فى مصادر اضاءة ذات قدرة صغيرة حتى *5 KVA*

عند انخفاض جهد التشغيل لمصباح متوهج الى *12%* من قيمة الجهد المقنن فان تيار التشغيل يقل الى حوالى *30%* من القيمة المقننة ويصبح مخرج الضوء

*(Luminous output)*مساوياً للصفر كما فى شكل *(5-1)*

لو أخذنا مصابيح الفلورسنت المجهزة بالكترونات التسخين المتقدم *(preheated)* لوجدنا ان قيمة الذروة لجهد التشغيل فى كل نصف موجة يجب ان تكون اكبر من *200V* . واذا انخفض الجهد عن هذه القيمة فان المصباح ينطفئ بمعنى آخر ان حدود التنظيم تكون محدودة جداً ، حوالى *10%* للمصابيح الفلورسنت . نفس الحالة لانواع المصابيح الاخرى التى تعمل بنظام التفريغ *(discharge)* .

فى انابيب التفريغ المستخدمة للاضاءة والمحتوية على بخار الزئبق او الارجون *(argon)* يمكن التحكم عن طريق تغيير جهد المدخل لمحول ممانعة التسريب *(Leakage-reactance transformer)* عند انخفاض جهد المدخل للمحول الى حوالى *50%* من القيمة المقننة ، فسوف ينخفض الفيض الضوئى الى قيمة صغيرة بالنسبة للقيمة الاساسية الاولية.اما اذا انخفض الجهد الى اقل من *50%* من القيمة المقننة يحدث للانابيب ارتعاش فى الاضاءة ثم تنطفىء. ويكون التحكم فى الانابيب المملوءة بغاز النيون *(neon)* غير مناسب بواسطة خافض شدة الاضاءة *(Dimmer)* .

2- عن طريق التحكم في التيار *(Current Control)*

ان استخدام مقاومة متصلة على التوالى للتحكم فى التيار غير اقتصادى ، بالاضافة الى اعتماد هذه الوسيلة على الحمل .. ويفضل عليها استخدام اية طريقة اخرى للتحكم .

وتستخدم هذه الطريقة مع المصابيح المتوهجة التى تعمل بالتيار المستمر *D.C* .

ويمكن الحصول على تحكم جيد فى التيار فى حالة استخدام المصابيح الفلورسنت خاصة اذا كان الجهد عند المصباح كافياً . ونختار هذه الطريقة لإضاءة الانفاق *(Tunnels)* وذلك بتغير ممانعة خانق التيار *(current limiting choke)* على مراحل .

كذلك يمكن التحكم عن طريق التيار لمصابيح التفريغ فى الغاز *(gas discharge)* والتى تستخدم بخار الزئبق او الارجون بإضافة مقاومة على التوالى مع محول ممانعة التسريب .

3- عن طريق التحكم في زاوية الوجه Phase-angle control

3-1- باستخدام مكبر مغناطيسي Magnetic amplifier

يتم توصيل المكبر المغناطيسى على التوالى مع المصباح او المصابيح المراد التحكم فى شدة اضاءتها كما فى المصابيح المتوهجة ، الموضحة دائرتها فى شكل (5-2) ويتكون المكبر المغناطيسى من ملفين خانقين يحتوى كل منهما على :

- ملف الحمل Load winding
- ملف التحكم Control winding
- ملفات مساعدة Auxiliary windings

كما يوجد موحد (rectifier) مع كل ملف خانق بحيث يمر نصف موجة تيار الحمل فقط فى كل فرع . ويستخدم الجهد المستمر Us للتحكم . وعندما تقل معاوقة التيار المتردد (A.C) للمكبر المغناطيسى مع زيادة تيار التحكم فان التيار المار فى الحمل (المصباح) يزيد .

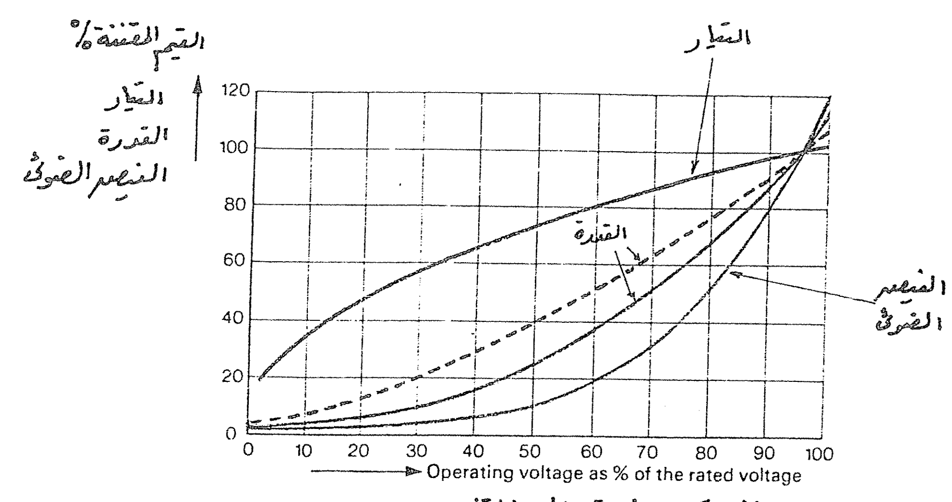
وحتى لايعتمد المكبر المغناطيسى على تغيير الحمل ، كحالات فصل وتشغيل المصابيح ، فانه تم اضافة ملفات مساعدة للمكبر فى دائرة جهد الحياز (bias voltage) Uv والذى يضبط نقطة التشغيل . وباستخدام مكبر مغناطيسى 5KVA فانه امكن رسم منحنيات التحكم عند الحمل الكلى (5000 W) وعند اقل حمل (25W) للعلاقة بين جهد التحكم Us% وجهد الحمل (المصابيح) U_L% كما فى شكل (5-3) .

ويلاحظ أن معامل القدرة للمكبر المغناطيسى حوالى 0.9 عند الحمل الكلى بينما ينخفض عندما تقل قيمة الحمل .

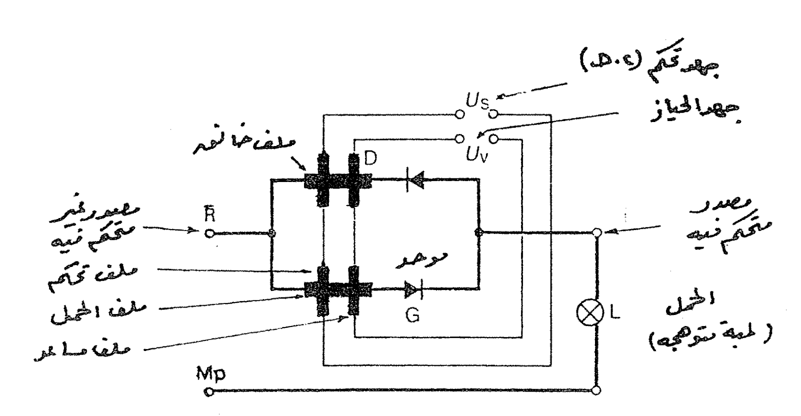
ويمكن التحكم فى المصابيح المتوهجة بإضافة محول متواصل (interconnected transformer) ومن النادر استخدام المكبرات المغناطيسية للتحكم فى المصابيح الفلورسنت او انابيب تفريغ الغاز .

3-2 باستخدام ثيريزتور (Thyristor)

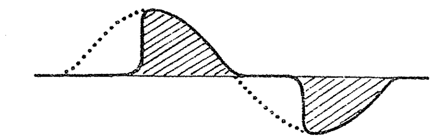
يستخدم الثيريزتور او الترياك للتحكم فى دورة الاضاءة او زاوية الوجه . فى بداية تصميم دوائر التحكم استخد مت الثيريزتورات وتستخدم الدائرة الموضحة بشكل (5-4)



شكل (5-1) العلاقة بين الكميات الكهربائية والفيض الضوئي للمصابيح المتوهجة مع جهد التشغيل



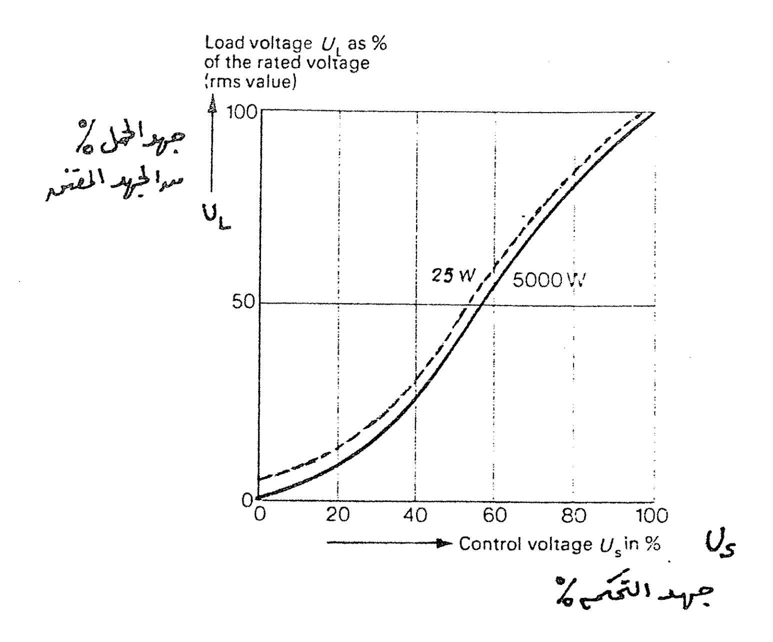
(أ) مكونات دائرة تحكم في زاوية الوجه باستخدام المكبر المغناطيسي



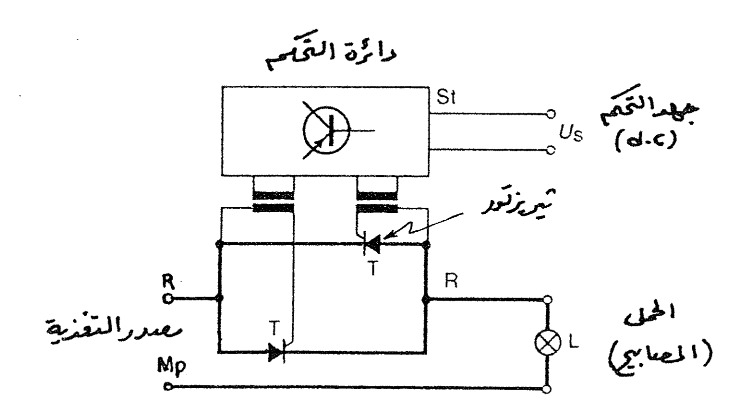
(ب) موجة جهد الحمل عند 50% من جهد التحكم Us

شكل (5-2) التحكم في زاوية الوجه باستخدام المكبر المغناطيسي

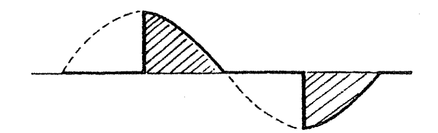
«الاضاءة وتوفير الطاقة»



شكل (5-3) العلاقة بين % U_L ، % U_s



(أ) مكونات دائرة التحكم في زاوية الوجه باستخدام ثيرزتور



(ب) موجة جهد الحمل عند 50% من الجهد U_s

شكل (4-5) دائرة التحكم في زاوية الوجه باستخدام الثيرزتور

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

المكونة من عدد 2 ثيريزتور ، واعتماداً على نقطة الاشعال *(Firing point)* فان كل ثيريزتور يكون مسئولاً عن نصف موجة الجهد المتردد او جزء منها .

ويعتمد نصوع المصباح على الجزء من نصف الموجه الموجب او السالب الذى يكون فيه الثيريزتور فى حالة توصيل *(conducting)* . تنتج نبضات الاشعال الخاصة بتشغيل الثيريزتورات من دائرة تحكم باستخدام الترانزستور . واعتماداً على قيمة جهد التحكم للتيار المستمر *(D.C)* (اى الجهد *Us*) فإن نبضات الاشعال الناتجة من دائرة التحكم تكون مزاحة بزاوية بالنسبة لجهد المصدر حيث يمكن التحكم فى زاوية الوجه عند اية نقطة على نصف الموجه . وبهذا المعنى تتحكم ببطء فى تنظيم نصوع المصباح من الاضاءة الكاملة الى الإظلام.

يمكن استخدام خافض شدة اضاءة واحد ذو قدرة كبيرة للتحكم فى صالة كاملة او تقسيم عملية التحكم من خلال عدد من خافضات شدة الاضاءة ذات قدرات صغيرة .

يتم التحكم بهذه الطريقة فى المصابيح المتوهجة والفلورسنت للاحمال بين *400 VA - 1000 VA*

3-3 - باستخدام الترياك *(Triac)*

يمكن استبدال الثيريزتورين فى الدائرة السابقة بترياك واحد للحصول على تحكم فى زاوية الوجه. ويكون معامل القدرة مساوياً 0.98 عند القدرة الكلية ، وينخفض عندما تقل القدرة .

وعند استخدام الثيريزتور او الترياك للتحكم فى شدة اضاءة مجموعة كبيرة من المصابيح المتوهجة فانه قد يحدث اهتزازات ميكانيكية نتيجة المجال المغناطيسى الحادث من وجود توافقيات *(Harmonics)* ويمكن تقليل ذلك اما باستخدام ملف خانق او مرشح *(filter)* مناسب لدائرة الحمل .

عموماً ، تستخدم المصابيح الفلورسنت التى لها نفس القدرة مع نظام خفض شدة الإضاءة بإستخدام الثيريزتور أو الترياك . أما المصابيح مختلفة القدرة فلها خصائص مختلفة وتحدث مستويات مختلفة من الإضاءة .

يمكن التحكم بسهولة فى إضاءة انابيب التفريغ من الغاز المملوءة ببخار الزئبق أو

الأرجون بإستخدام خافض شدة الضوء من نوع الثيريزتور أو الترياك .

دائرة التحكم في زاوية الوجه بإستخدام الثيريزتور

يوضح شكل (5-5)أ مكونات دائرة تحكم فى زاوية الوجه بإستخدام الثيريزتور وقيم عناصرها كالآتى :

$R_1 = 390$ *ohm*

$R_2 = 100$ *kohm (Linear)*

$R_3 = 3.3$ *kohm (5 watt)*

$C_1 = 0.2$ *MFD*

SCR_1, SCR_2 ....*Thyristor* (موحد التيار السليكونى المحكوم)

CR_1, CR_2, CR_3, CR_4..... *Diode* مقوم (ديود)

CR_5.......... *Zener Diode* مقوم زنير (زنير ديود)

Q_1 .... *Unijunction Transistor* (ترانزيستور أحادى الوصلة)

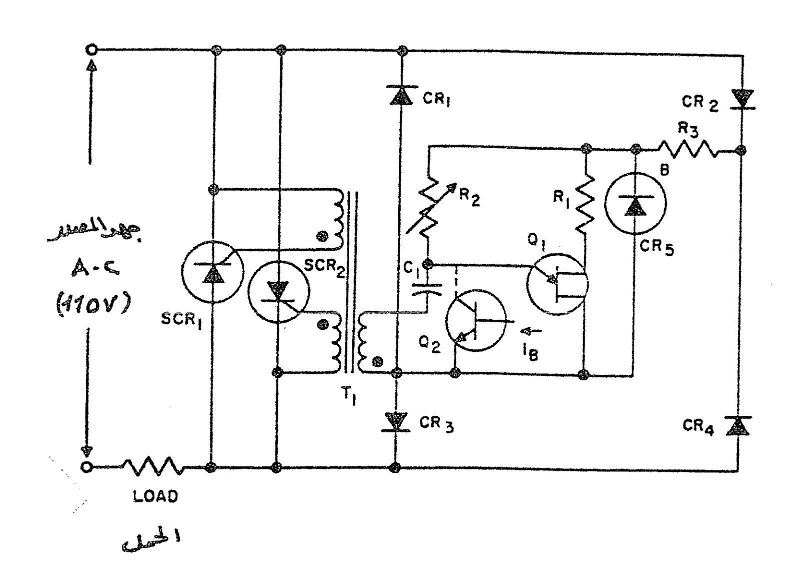
وتتكون الدائرة من :

* دائرة الإشعال *(Firing circuit)* وهى عبارة عن ترانزستور أحادى الوصلة *(Unijunction Transistor)* يعمل بالجهد الناتج على الثيريزتور خلال مرحلة المنع *(Blocking)* .

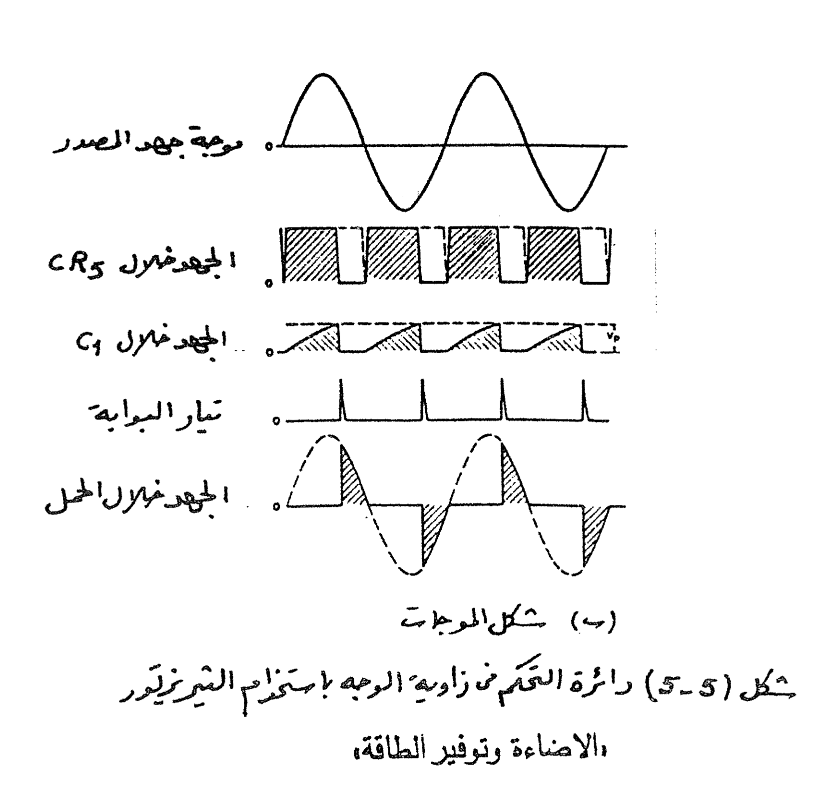
* قنطرة أحادية الوجه *(Single phase bridge)* وهى عبارة عن الديودات CR_1, CR_2, CR_3, CR_4 حيث يتصل مخرج القنطرة بدائرة الإشعال . وخلال عمل هذه القنطرة فإن كل من الزينرديود CR_5 والمقاومة R_3 يعملا على قص وتوحيد الجهد *(Clipped and rectified voltage)* . والذى يسلط على الترانزستور أحادى الوصلة *(UJT)* ودائرة الباعث *(Emitter circuit)* للترانزستور .

يحتاج الترانزستور Q_2 لتيار قاعدة *(Base current)* صغير وذلك للتحكم فى القدرة الكلية لمخرج هذه الدائرة .

ويوضح شكل (5-5)ب شكل موجات : جهد المصدر- جهد الديود CR_5 ، جهد المكثف C_1 ، تيار البداية ، جهد الحمل .



(أ) مكونات الدائرة



(ب) شكل الموجات

شكل (5-5) دائرة التحكم في زاوية الوجه باستخدام الثيرزيتور

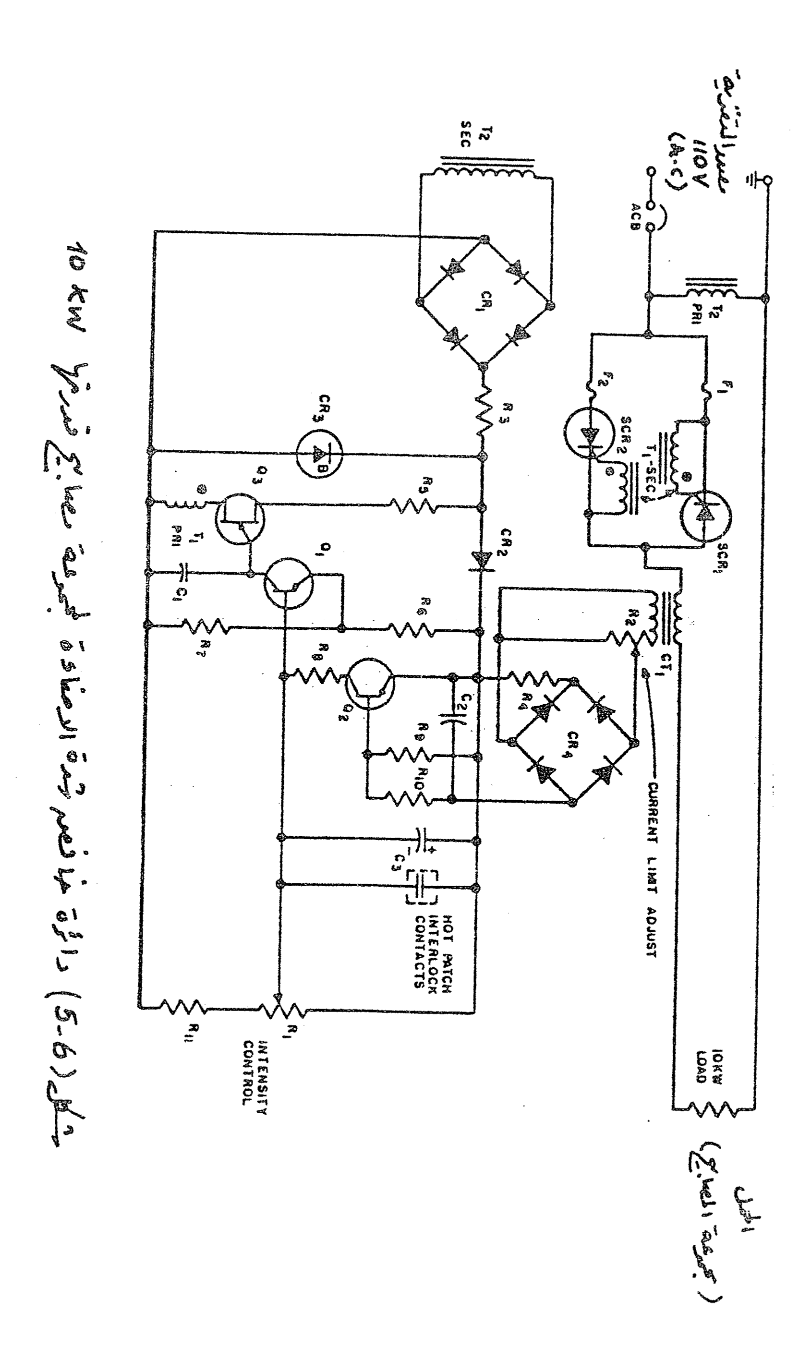
«الاضاءة وتوفير الطاقة»

مثال : دائرة خافض شدة الإضاءة لمجموعة مصابيح قدرتها *10 kw*

بإستخدام فكرة دائرة التحكم فى زاوية الوجه بواسطة الثيريزتور والموضحة بشكل *(5-5)*أ يمكن إنشاء دائرة خافض شدة الإضاءة لمجموعة مصابيح ، كما فى شكل *(5-6)* . والتى تكون مكوناتها كالآتى :

$R_1 = 1000$ ohm (مقاومة متغيرة)
$R_2 = 500$ ohm (مقاومة متغيرة)
$R_3 = 3.3$ kohm (5 watt)
$R_4 = 15$ ohm (0.5 watt)
$R_5 = 220$ ohm (0.5 watt)
$R_6 = 470$ ohm (0.5 watt)
$R_7 = 22$ kohm (0.5 watt)
$R_8 = 47$ ohm (0.5 watt)
$R_9 = 330$ ohm (0.5 watt)
$R_{10}, R_{11} = 10$ kohm (0.5 watt)
$C_1 = 0.22$ MFD
$C_2 = 1.0$ MFD
$C_3 = 220$ MFD (20 Volt)
Q_1, Q_2 Transistors
Q_3 Unijunction Transistor
CR_1 , CR_4 Bridge rectifier
SCR_1, SCR_2 Thyristor

تستخدم هذه الدائرة للتحكم فى حمل المصابيح المتوهجة *(10 kw)* . نتيجة معامل درجة الحرارة الموجب *(positive temperature coefficient)* للمصابيح المتوهجة ذات الفتيلة ، يجب أن يؤخذ فى الإعتبار التيار الدفعى *(Inrush)* الكبير المار فى بداية التشغيل . وفى الدائرة الموضحة فى شكل*(5-6)* استخدم محدد لتيار الذروة لتقليل التيار الدفعى المار بالثيريزتورات أثناء بداية التشغيل . ويمكن التحكم فى زاوية الوجه من خلال الترانزستور Q_1 والذى يتحكم فى الترانزستور أحادى الوصلة Q_3 .



شكل (5-6) دائرة مخفض شدة الاضاءة لمجموعة مصابيح قدرتها 10 KW

يتم التحكم فى مخرج الدائرة بواسطة المقاومة المتغيرة R_1 حيث أنها مسئولة عن تيار القاعدة للترانزستور Q_1 . يمكن إهمال تحكم المخرج عن طريق الترانزستور Q_2 . ويغذى محول التيار CT_1 الترانزستور Q_2 باشارة تبعاً لقيمة التيار فى دائرة الحمل . وتبعاً لقيمة ضبط المقاومة R_2 فان الترانزستور Q_2 يصبح فى حالة توصيل *(Conduct)* وعندئذ يصل جهد الى قاعدة الترانزستور Q_1 قريباً من قيمة جهد الباعث ويقلل تيار المجمع *(Collector)* ، هذا التأثير يعود على الثيريزتور *SCR* ويقلل الجهد المسلط على المصابيح (الحمل) ويجب اختيار ثوابت الزمن *(time constant)* وذلك للحصول على استجابة فى نصف دورة الموجه .

اذا كان ذراع التغير للمقاومة R_1 على اقل وضع ، فان مكثف التأخير C_3 يحدث زاوية اشعال *(Firing angle)* للثيريزتور ليتقدم من اقصى زاوية ويعوق موجه المخرج الكاملة لعدة دورات .

اذا زاد ضبط محدد تيار الذروة على دورة واحدة ببطء خلال هذه البداية ، فان الترانزستور Q_2 يحفظ تأخير زاوية اشعال الثيريزتور *SCR* حتى تقترب مقاومة الحمل من قيمة الاستقرار .

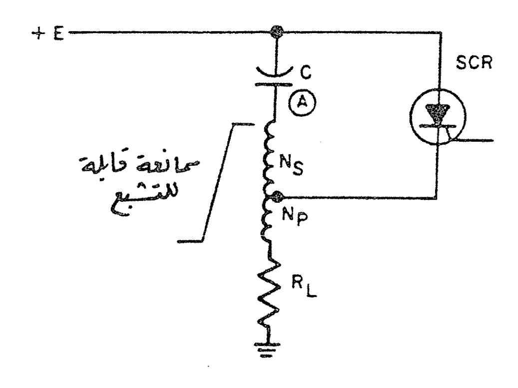
وتضبط المقاومة R_2 بحيث يحدث تكرار لاقصى ذروة تيار مقنن مسموح للثيريزتور *SCR* تحت ظروف حالة التشغيل .

وعلى ذلك يمكن استخدام القدرة الكلية للثيريزتور عند اقصى درجة حرارة الوصلة *(maximum rated junction temperature)* وذلك للحصول على مخرج كامل للحمل وبسرعة جداً وبدون احتمال حدوث اية انهيارات للثيريزتورات .

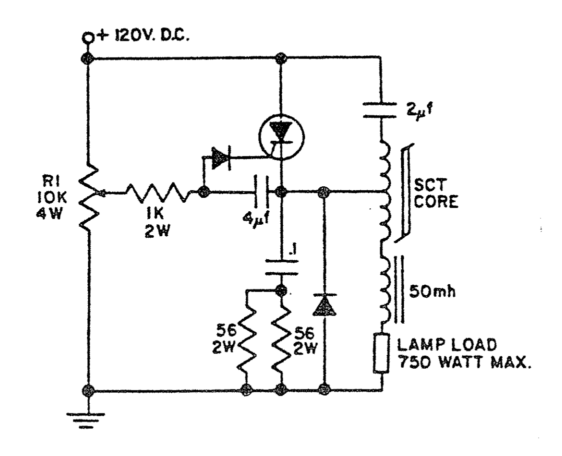
مثال : دائرة خافض شدة الاضاءة لمصباح قدرة *750w*

من الطرق الشائعة لتحويل حالة الثيريزتور *(SCR)* من التوصيل *(Conducting)* الى الفصل *(Off)* من مصدر تيار مستمر *(D.C)* ان يوصل مكثف مشحون على التوازى مع الثيريزتور *(SCR)* وذلك لكى يكون الكاثود موجب القطبية بالنسبة للأنود ويمثل المكثف المشحون مصدر جهد سالب له معاوقة صغيرة جداً والتى تكفى لمرور تيار عكسى يسمح للثيريزتور بالتحول الى حالة الفصل *(Off)* فى اقل فترة زمنية . ويوضح ذلك فى الدائرة شكل *(5-7)* والمسماه دائرة «مورجان» *(Morgan circuit)*

وقد اضيفت ممانعة للتشبع مع المكثف والثيريزتور . حيث تقوم الممانعة بعمل كل من محول ذاتي *(Auto-transformer)* ومفتاح *(Switch)* . وعندما يتحول الثيريزتور الى حالة التوصيل *"On"* فان الجهد الكلي للجهد يظهر خلال *Ns* ، والتي تؤدى إلى حالة تشبع للقلب وتشحن الجزء السفلي للمكثف *C* حتى الوصول الى جهد الخط . ويمر تيار الحمل خلال *Np* ممايؤدى الى عكس القوة الدافعة المغناطيسية *mmf* على القلب فيشحن المكثف *C* لقيمة اكبر من جهد الخط بتأثير عمل المحول الذاتي . ويؤدى تيار الحمل الى إعادة تشبع القلب (في الاتجاه المعاكس) ويصبح المكثف متصل على التوازى مع الثيريزتور . ويتغير زمن عرض نبضات التيار ، والذى يأخذه القلب للوصول الى حالة التشبع وامداد الحمل بالجهد ، مع معدل الاطلاق *(trigger rate)* للثيريزتور *SCR* . بمعنى آخر نحصل من هذه الدائرة على معدل مشطور *(Chopping rate)* قابل للتغير ، وتعمل هذه الدائرة كخافض شدة للإضاءة بتغير المقاومة R_1 لتغذية بداية الثيريزتور . ويوضح شكل *(5-8)* الدائرة الكاملة بعد إضافة المقاومة المتغيرة R_1 والمصابيح كحمل .



شكل(5-7) دائرة مورجان



شكل(5-8) دائرة خافض شدة الاضاءة لمصباح
قدرة 750 W

الباب السادس
الإضاءة الغامرة
Floodlighting

يستخدم تعبير الاضاءة الغامرة عند اضاءة : مشروعات الانشاءات ، اماكن وقوف السيارات ، اماكن بناء السفن ، ساحة السكة الحديد ، الملاعب ، المبانى ، الهامة والنصب التذكارية .... تمتاز الاضاءة الغامرة بأنها مبعث للراحة وتستخدم لتقليل المخاطر بهذه المناطق ويوضح شكل *(6-1)* بعض انواع وحدات الاضاءة الغامرة ويوضح جدول *(6-1)* توصيات لمستوى شدة الاضاءة للاضاءة الخارجية لبعض الاعمال الشائعة .

جدول *(6-1)* مستوى شدة الاضاءة الغامرة

التوصيـــف	شدة الاضاءة *Lux*
اعمال الانشاءات	50
اماكن وقوف السيارات	10
اسقاط الصورة ومشاهدتها على شاشة	2
المحاجر	20
ترسانة بناء السفن	50

ويوضح جدول *(6-2)* مستوى النصوع لبعض الاماكن المضاءة بالاضاءة الغامرة ويعتمد متوسط شدة الاضاءة على كل من شدة الاضاءة المحيطة والحجم المراد اضاءته ويلاحظ انه يلزم للمبانى الصغيرة متوسط شدة اضاءة عاليه ، بينما للاهداف (المنشآت) الكبيرة يلزم متوسط شدة اضاءة منخفضة ، كما فى جدول *(6-2)* .

جدول (6-2) توصيات لقيم نصوع الاضاءة الغامرة فى بعض المبانى

التوصيف	النصـــوع	
	cd/m^2	*asb* *
المبانى التذكارية او المبانى النائية	3.2 - 6.5	10 - 20
مبانى فى الميادين او الطرق :		
– عندما تكون المبانى المحيطة مظلمة	6.5 - 10	20 - 30
– عندما تكون المبانى المحيطة ذى اضاءة متوسط	10 - 13	30 - 40
– عندما تكون المبانى المحيطة ذى اضاءة عالية	13 - 16	40 - 50

العلاقة بين وحدة cd/m^2 ووحدة asb هى

$$1\ asb = \frac{1}{\pi}\ cd / m^2$$

حيث *asb* هى الوحدة ابستيلب *(Apostilb)*

ويمكن حساب الفيض الضوئى Φ باستخدام العلاقة الآتية

$$\Phi = \frac{\overline{L}_m A}{\rho\, \eta_B} \qquad Lm \quad .... (6\text{-}1)$$

حيث :

$\overline{L}_m$ = النصوع بوحدات *asb* (من جدول (6-3))

A = المساحة تحت الضوء الغامر (m^2)

ρ = عامل الانعكاس

η_B = كفاءة الاضاءة (عامل الكفاءة)

ويعتمد عامل الانعكاس ρ على المادة المستخدمة للمبانى ، ويوضح جدول (6-3) قيم عامل الانعكاس لكل مادة بناء .

جدول (6-3) عامل الانعكاس لمواد البناء عند استخدام اضاءة غامرة

مادة البناء	عامل الانعكاس ρ
طوبة بيضاء مطلية بطبقة كالزجاج	0.85
رخام ابيض	0.6 – 0.65
الطلية الاولى للبناء (الملاط) ناصعة	0.35 – 0.55
الطلية الاولى للبناء (الملاط) داكنة	0.2 – 0.3
الحجر الرملى (ناصع)	0.3 – 0.4
الحجر الرملى (داكن)	0.15 – 0.25
طوب (ناصع)	0.3 – 0.4
طوب (داكن)	0.15 – 0.25
اخشاب (ناصعة)	0.3 – 0.5
اخشاب (داكنة)	0.1 – 0.25
جرانيت	0.1 – 0.2
خرسانة وحجر رملى (غير نظيف)	0.05 – 0.1

وفيما يلى قيم استرشادية لعامل الكفاءة :

- للمساحات الكبيرة تؤخذ $\eta_B = 0.4$ ، مثلاً الحوائط الامامية لمبانى ادارية عالية جداً .

- للمساحات الصغيرة او المسافات الطويلة تؤخذ $\eta_B = 0.3$، مثل المبانى التاريخية

- للابراج تؤخذ $\eta_B = 0.2$

وعموماً تختار الاضاءة الغامرة تبعاً للنوع والحجم والمسافة من الغرض المراد اضاءته . مثلاً للمبانى الصغيرة والبعيدة يستخدم مسقط الضوء الغامر ذى الإضاءة العالية . بينما للاغراض الكبيرة فانه يضاف الى الاضاءة الغامرة ، مصابيح متوهجة

او مصابيح بخار الزئبق عالى الضغط .

يمكن حساب عدد وحدات الاضاءة الغامرة المطلوبة من العلاقة الآتية :

عدد الوحدات = المساحة المراد اضاءتها بالمتر المربع × شدة الاضاءة باللاكس / ناتج الضوء لكل وحدة × عامل الكفاءة (η_B)

يفضل بعض مصممى الاضاءة فرض η_B بقيمة تساوى 0.7 آخذين فى الاعتبار معدل اهلاك ناتج الضوء للمصباح بالاضافة الى الفقد فى الضوء .

ويعبر عن الاضاءة الغامرة بدلالة احد التعبيرين التاليين :

أ - الاضاءة الغامرة للمدي القريب *(Close-range (close-offset) floodlighting)*

يكون الضوء الغامر على شكل مستطيل وعادة يستخدم مصابيح انبوبية فى عاكس *(reflector)* للضوء يعطى حزمة ضوئية على شكل مروحة .

وعموماً للاسترشاد ، فان اضاءة المدى القريب تنحصر فى مسافة حوالى 8 متر من واجهة المبانى . وتحتاج اضاءة المدى القريب لاضاءة منتظمة على طول واجهة المبنى .

ويتم حساب اقل عدد لوحدات الاضاءة الغامرة من العلاقة :

عدد وحدات الإضاءة الغامرة = طول المبنى / 2 × مسافة المدى

ونحصل على قدرة المصباح المطلوب من العلاقة :

قدرة المصباح = 4 × مساحة الواجهة × شدة الاضاءة / اقل عدد من وحدات الاضاءة الغامرة

يستخدم المعامل 4 بالمعادلة السابقة للحصول على الضوء الفعال لواجهة المبنى مع الاخذ فى الاعتبار الافساد الحادث لعمل الضوء الغامر بسبب الاتربة المتجمعة على المصباح والعاكس والزجاج الامامى .

ب - الاضاءة الغامرة للمدي البعيد (Long-rang floodlighting)

ويكون الضوء عادة على شكل دائرى وينشأ من عاكس على شكل قطع مكافئ ونحصل على الفيض الكلى المطلوب بوحدات لومن من العلاقة :

الفيض الضوئى = 4 × مساحة الواجهة × شدة الاضاءة المطلوبة

ويقسمة الناتج على قيمة مخرج الضوء لنوع الوحدة المراد استخدامها نحصل على العدد المطلوب من وحدات الإضاءة

انواع المصابيح المستخدمة في الاضاءة الغامرة

الانواع الآتية هى الاكثر شيوعاً :

أ - مصابيح الفتيلة المتوهجة

وتستخدم مصابيح حتى قدرة 1500W ومن الشائع حالياً استخدام مصابيح هالجون / تنجستن للاضاءة الغامرة . حيث ان عمرها ضعف عمر المصابيح ذات الفتيلة العادية ونحصل منها على ضوء بزيادة 15%

ويفضل استخدامها فى نهايتى الانشاءات ونحصل منها على حزمة ضوء على شكل مروحة . يوضح شكل (6-2) هذا النوع

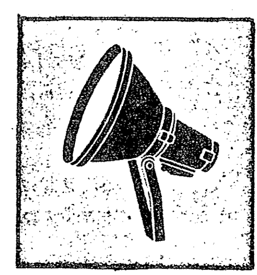
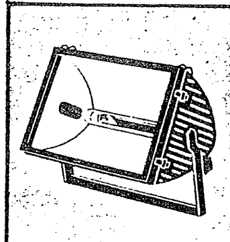
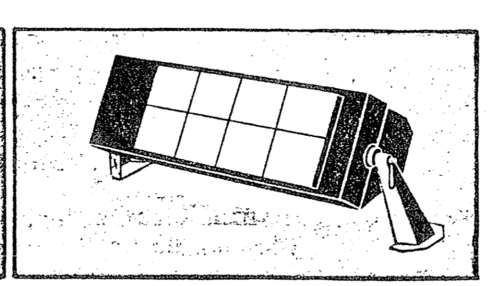
ب - مصابيح بخار الزئبق عالي الضغط

والتى تمتاز بعمر تشغيل طويل وكفاءة عالية . وحديثاً استخدمت مصابيح هاليد / زئبق للاضاءة الغامرة . ونحصل على ضوء اخضر مائل للزرقة من مصابيح الزئبق واما مصابيح الفلورسنت / زئبق فتنتج ضوء أبيض .

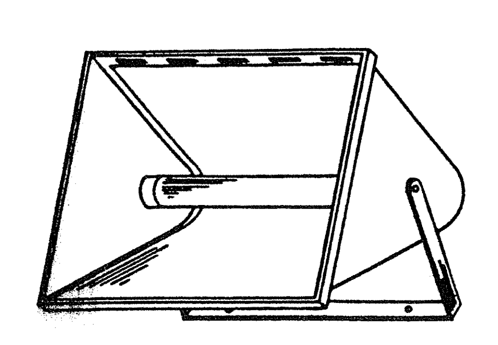
جـ - مصابيح الصوديوم

تمتاز مصابيح الصوديوم منخفض الضغط بعمر تشغيل متوسط وكفاءة ناتج عالية ولكن لها ضوء اصفر ودليل الوان ضعيف . وهذا يحد من استخدام هذه المصابيح للاضاءة الغامرة .

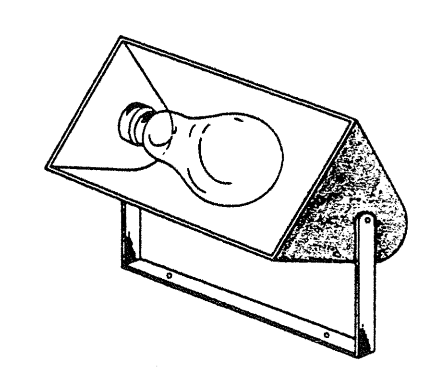
أما مصابيح الصوديوم عالى الضغط فتمتاز بناتج ضوء عالى ولون ضوء ذهبى جيد ، ويوضح شكل (6-3) وحدة إضاءة باستخدام مصابيح الصوديوم. لها مركز ثابت. ويمكن التحكم فى زاوية التوجيه .

شكل (٦-١) بعض أنواع الاضاءة الغامرة



شكل (6-3) وحدة اضاءة غامرة باستخدام مصباح الصوديوم



شكل (6-2) وحدة اضاءة غامرة باستخدام مصباح الفتيلة المتوهجة

وبالاضافة الى ماسبق ، يمكن استخدام مصابيح الفلورسنت الانبوبية وخاصة اذا كان الاستخدام لمسافات المدى القريب وارتفاع المبانى قليلة نسبياً . والطول الشائع هو *130 cm* ويمكن استخدام انابيب بيضاء ذات كفاءة عالية او انابيب ملونة .

ويوضح شكل *(6-4)* عاكس نموذجى للاضاءة الغامرة ذى مركز ثابت ، ويمكن ضبط الضوء بالتحكم فى ميل حوامل التثبيت .

واحياناً يحتاج الى برج لتثبيت وحدات الاضاءة الغامرة وخاصة فى مواقع الانشاءات ويوضح شكل *(6-5)* نوع قياسى بارتفاع *20 m*

وكذلك يوضح شكل *(6-6)* احد وسائل تثبيت الاضاءة الغامرة .

فيما يلى بعض الامثلة لاستخدام الاضاءة الغامرة :

1- ملعب كرة القدم وملعب الهوكي

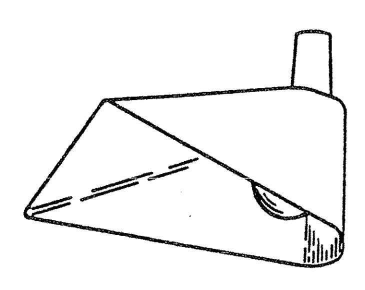
للالعاب المدرسية ، يلزم اضاءة غامرة كافية وذلك باستخدام ابراج بارتفاع *10-15m* والمسافة بين كل برجين *24m* مع ترك مسافة *5m* من الجوانب . يوضع على كل برج عدد مصابيح من *4* إلى *6* بقدرة *1000 W* وللملاعب الاكبر ، نحتاج الى ثلاثة ابراج على كل جانب بارتفاع *25-30 m* والمسافة بين كل برجين *45m*، ويحتوى كل برج على وحدات اضاءة من *12* إلى *20* وحدة بقدرة *1000W* ، ويكون وضع الابراج بجانب اماكن المشاهدين

2 - الاضاءة الغامرة لساحة التنس

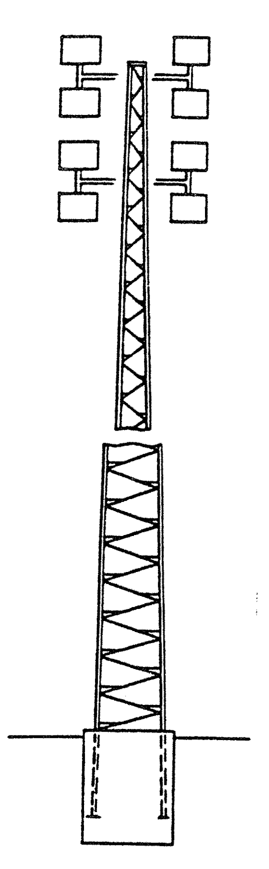
يختار مستوى شدة الاضاءة بين *150-300 lux* وتثبت وحدات الاضاءة على برج بارتفاع *9m* ، وللحصول على شدة الاضاءة اللازمة يستخدم من *8* إلى *16* مصباح بقدرة *1000W*

3- الاضاءة الغامرة لساحة تنس الريشة

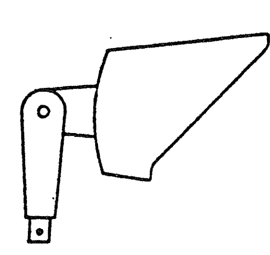
يوصى بان يكون مستوى شدة الاضاءة فى حدود *200-300 lux* وتثبت وحدات الاضاءة على برج بارتفاع *8.9m* ، ويستخدم مصباحين بقدرة *750 - 1000 W* وعاكس مفتوح من البورسلين المطلى بالمينا على جانبى البرج وذلك للحصول على الضوء الكافى .



شكل (6-4) عاكس نموذجي للاضاءة الغامرة



شكل (6-5) برج تثبيت وحدات الاضاءة الغامرة خاص بمواقع الانشاءات.

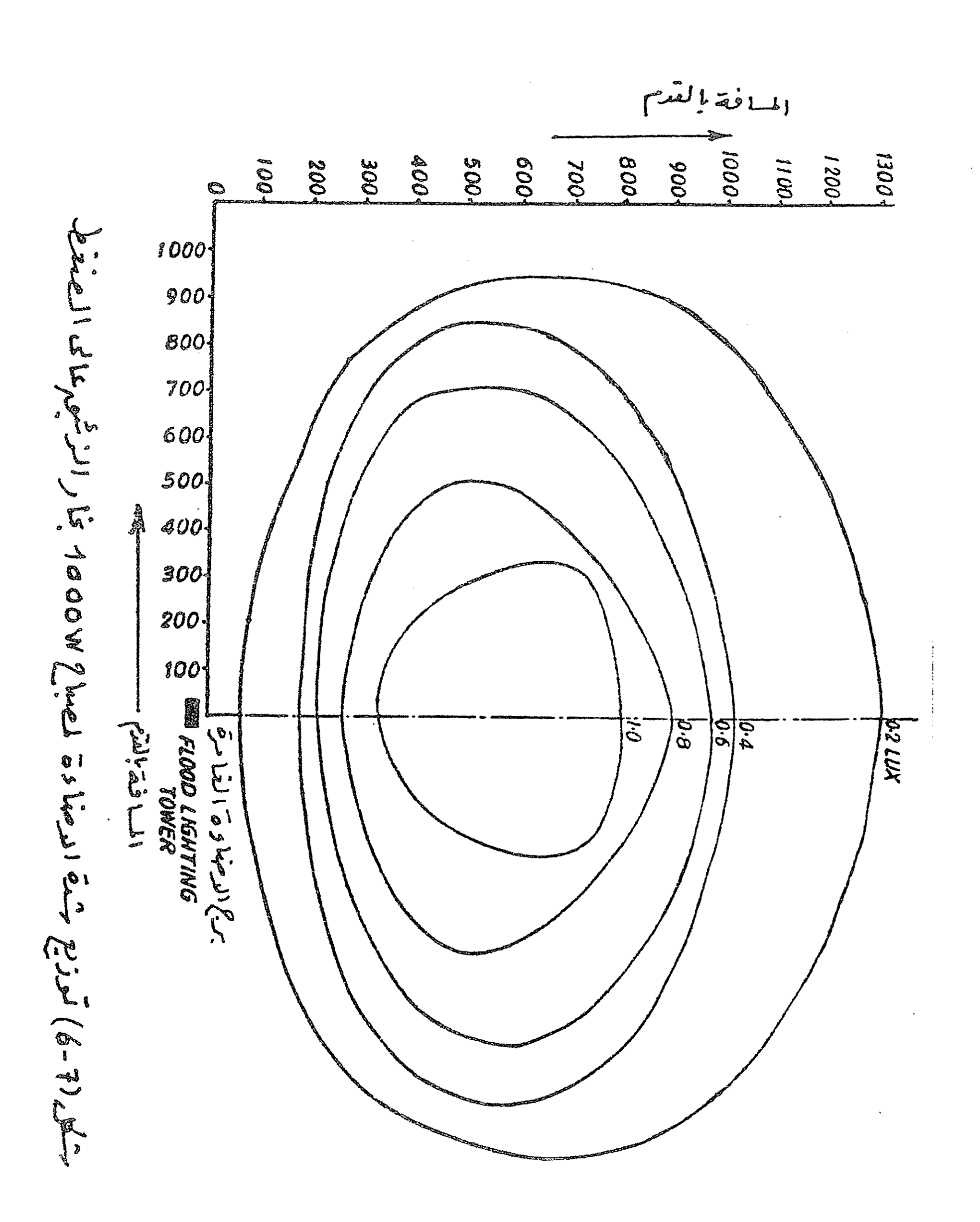


شكل (6-6) أحد طرق تثبيت وحدة الاضاءة الغامرة

4 - مواقع الانشاءات

يوصى بمستوى شدة إضاءة *25-50 lux* وتكون قريبة من مواقع العمل . ويفضل استخدام مصابيح الزئبق عالية الكفاءة والتى تناسب هذه الاغراض . تثبت وحدات عاكسة من النوع العميق على ابراج بارتفاع *10-15 m* تزود بمصابيح بخار الزئبق عالى الضغط بقدرة *250W , 400W* بينما للمصابيح قدرة *1000W , 2000W* ناتج ضوء *50000 - 100000 lm* فيستخدم ابراج بارتفاع *30-40 m* والمسافة بين كل برجين *100-150 m*

يوضح شكل *(6-7)* توزيع الاضاءة لمصباح *1000W* بخار الزئبق عالى الضغط ومثبت على برج بارتفاع *90 ft*



شكل (6-7) توزيع شدة الاضاءة لمصباح 1000W بخار الزئبق عالي الضغط

الباب السابع

إضــاءة الطــــرق

Road Lighting

تضاء الطرق ليلاً للارتقاء بعوامل الامان ولتناسب عمل رجال الامن والاعمال الليلية لتوفير الرؤية الكافية ، وايضاً للارتقاء بالتقدم المدنى والحضارى . وقد اوضحت الاحصائيات ان الطرق المضاءة ، اضاءة مناسبة ، تقل بها حوادث المرور والجريمة وتنشط الاعمال التجارية بالمناطق التجارية .

وتوجد عدة عوامل تشارك فى تحديد مستوى شدة الاضاءة المطلوبة للطرق . ومن اهم هذه العوامل ، لاعتبارات الامان بالطرق ، حجم حركة مرور السيارات والمارة ، وكلما زاد حجم حركة المرور زادت نسبة التعرض للحوادث وتصبح الرؤية غير جيدة عند ارتباك حركة المرور والمارة ، لذا وجب الادراك والاهتمام بالمخاطر الناتجة عن حوادث المرور .

طرق توصيل مصابيح اضاءة الطرق :

يوجد نظامين لتوصيل مصابيح إضاءة الطرق هما :

- **نظام التوالي** *(Series system)*

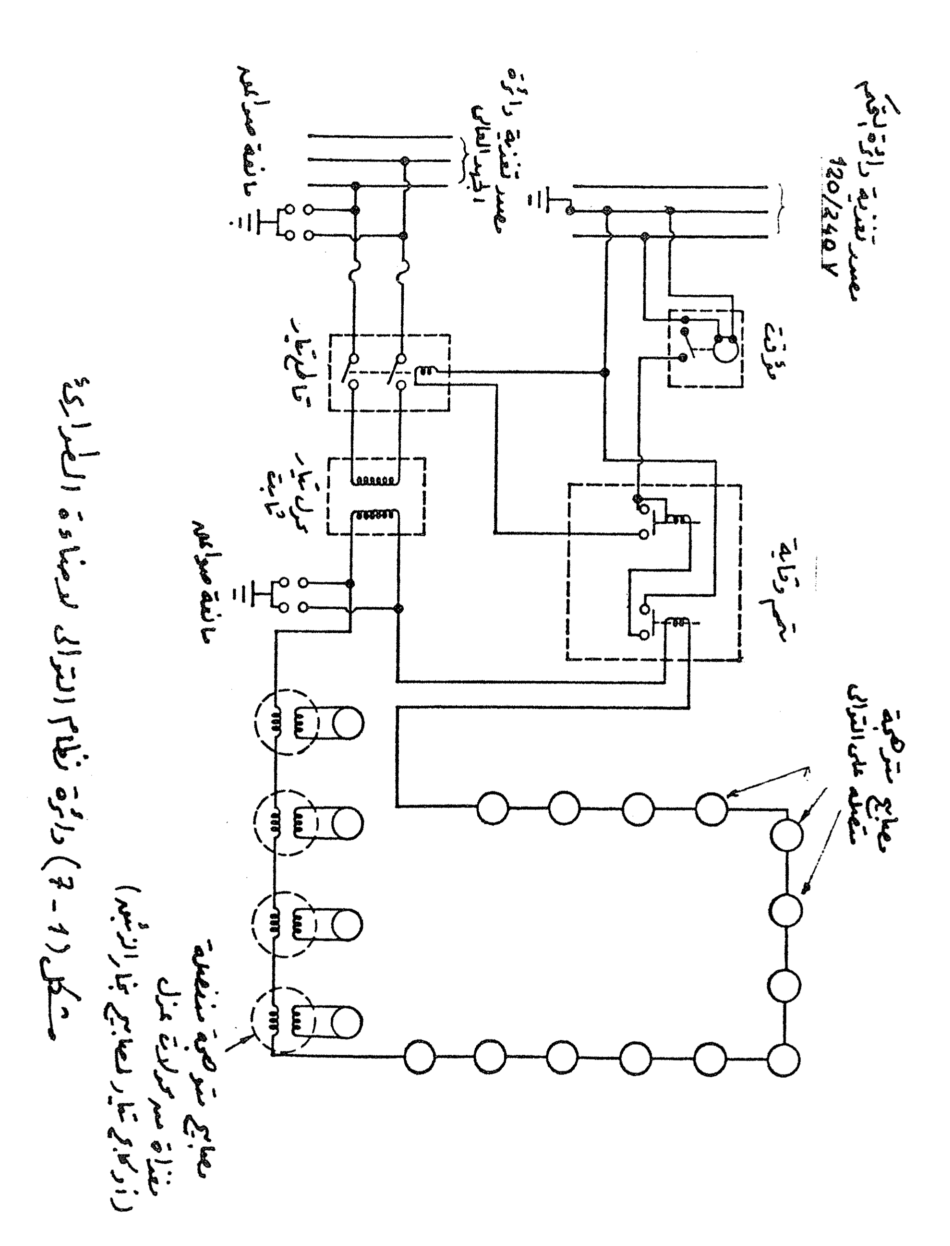
من مسمى النظام ، فان جميع المصابيح فى نظام اضاءة الطرق توصل على التوالى فى دائرة الاضاءة ، ويتم تغذية هذه الدائرة بالتيار من محول تيار ثابت *(Constant-current transformer)* **كما فى شكل** *(7-1)*

يحتاج هذا النظام الى دائرتين لتغذيته :

أ – دائرة تغذية محول التيار الثابت والتى تعرف بدائرة الجهد العالى وتغذى عادة من مصدر احادى الوجه يكون موجود فى نفس المنطقة المراد اضاءتها .

ب – دائرة التحكم وتعرف بدائرة الجهد المنخفض

يصمم محول التيار الثابت عند قيمة جهد ثابتة وتكون حدودها من *2.4 kv* الى *13.2 kv* للحصول على تيار ثابت بقيمة *3.3,6.6,7.5,15 or 20A* يستخدم هذا التيار لتشغيل المصابيح . ويجب الا يقل التيار المار بدائرة التوالى للمصابيح عن مقنن



شكل (١ - ٧) دائرة نظام التوالي لإضاءة الطوارئ

المصابيح . كذلك يجب الا يزيد التيار المار عن المقنن للمصابيح وذلك للحفاظ على عمر تشغيل مناسب للمصابيح

نظام التوازي المتعدد *Multiple system*

في هذا النظام توصل المصابيح على التوازى وتوزع بانتظام على مخرجات الثلاثة اوجه لمحول التوزيع ويوضح شكل *(7-2)* طريقتين مختلفتين لنظام التوازى ، فى احدهما يتم التحكم فى مصدر التغذية من خلال قاطع تيار فى دائرة التغذية الرئيسية لمحول التوزيع ، بينما فى النظام الاخر فيتم التحكم من خلال قاطع تيار فى الدوائر الثانوية لمحول التوزيع .

مصادر الاضاءة

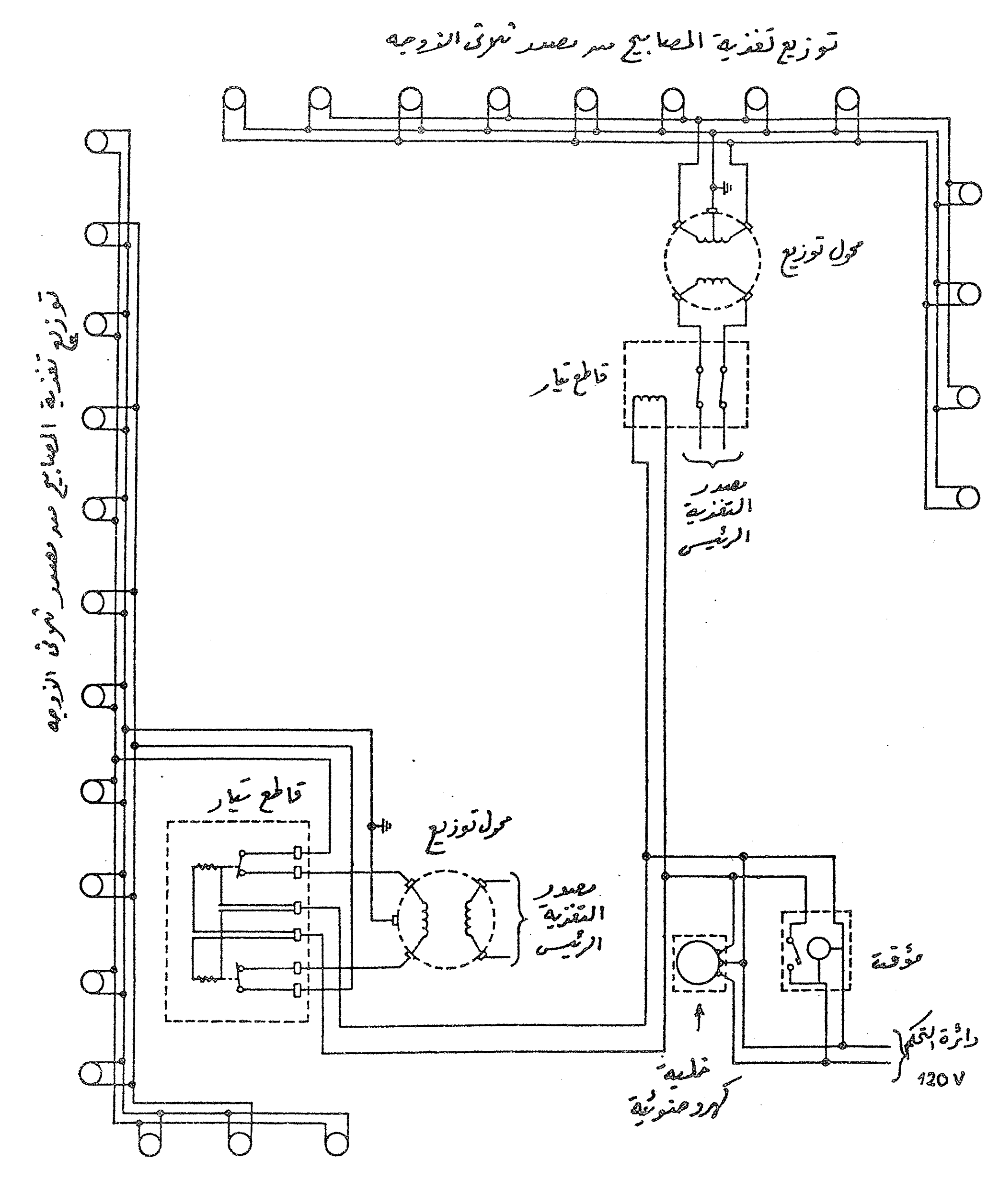
تستخدم انواع متعددة من المصابيح منها المتوهجة والزئبقية والفلورسنت والصوديوم والتى توصل اما على التوالى او التوازى .

١- المصابيح المتوهجة *(Incandescent Lamps)*

تكون الكفاءة الضوئية للمصابيح المتوهجة المستخدمة فى اضاءة الطرق حوالى *21lm/w* ويوضح شكلى *(7-3)* , *(7-4)* خصائص المصابيح المتوهجة المستخدمة لاضاءة الطرق بطريقة دائرة متصلة على التوالى *(Series circuit)* وعلى التوازى *(multiple circuit)* .

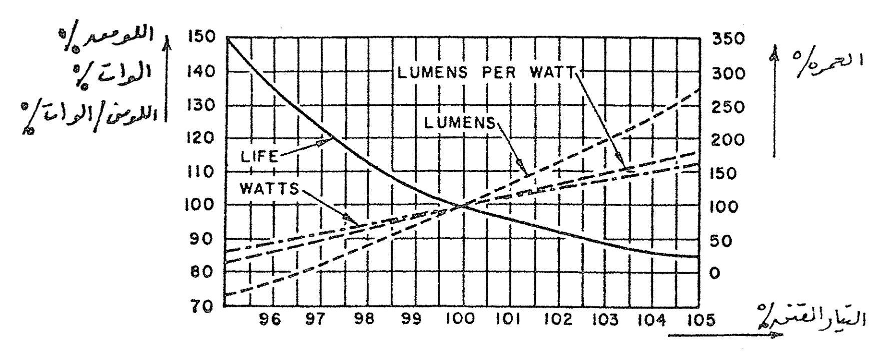
توجد انواع مختلفة من الكشافات تستخدم مع المصابيح المتوهجة ومنها النوعين الموضحين فى شكل *(7-5)* ويستخدما اما لتوصيلة التوالى او التوازى ، حيث يستخدم النوع (أ) للاعمال الشاقة بمصابيح متوهجة لها فيض ضوئى *10000-15000lm* بينما يستخدم النوع (ب) مع مصابيح ذات فيض ضوئى فى حدود *10000 - 25000lm*

ويوضح جدول *(7-1)* البيانات الفنية للمصابيح المتوهجة المستخدمة لاضاءة الطرق بنظام التوازى جهد *115,120,125* فولت . بينما يوضح جدول *(7-2)* البيانات الفنية للمصابيح المتوهجة المستخدمة لإضاءة الطرق بنظام التوالى .

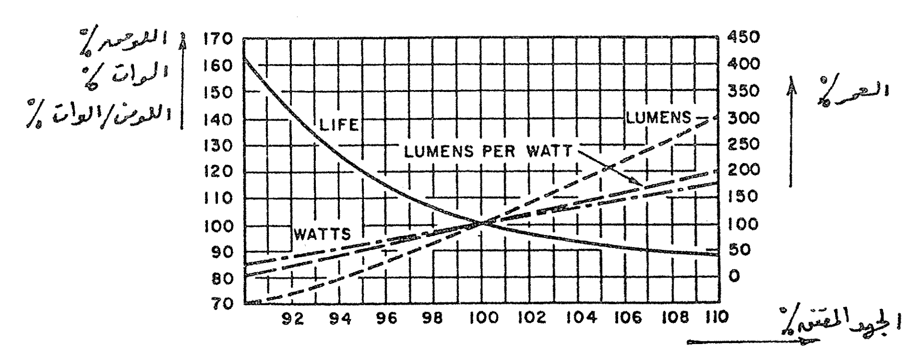


شكل (٢-٧) دائرة نظام التوازى لإضاءة الشوارع

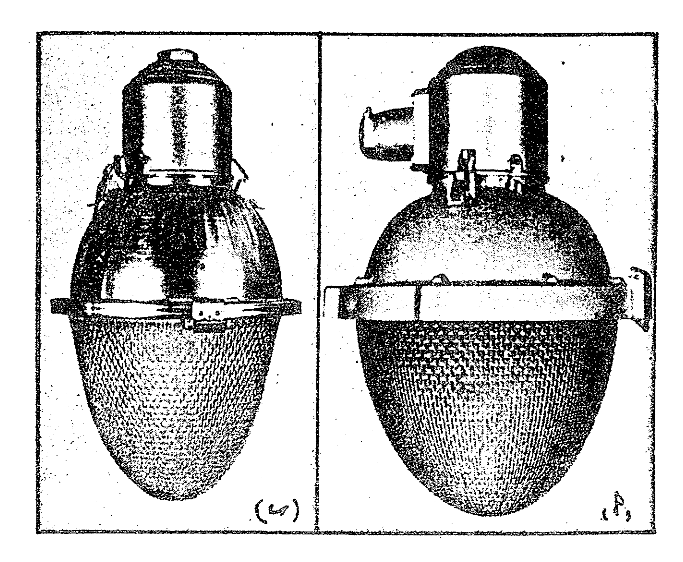
«الاضاءة وتوفير الطاقة»



شكل (٧-٣) منحنيات خصائص المصابيح المتوهجة المتصلة بدائرة توالى



شكل (٧-٤) منحنيات خصائص المصابيح المتوهجة المتصلة بدائرة توازى



شكل (٧-٥) كشافات لمصابيح متوهجة تستخدم فى اضاءة الشوارع

جدول (1-7) البيانات الفنية للمصابيح المتوهجة المستخدمة لاضاءة الطرق لنظام التوازى ذات جهد مصدر 115,120,125 فولت

متوسط الفيض الضوئى خلال عمر التشغيل Lumens	الفيض الضوئى الاولى Lumens	متوسط العمر hr.	الفيض الضوئى الاسمى Lumens	القـــدرة watt
2,450	2,800	1500	2,500	175
3,800	4,600	1500	4,000	268
5,700	6,650	1500	6,000	370
9,160	11,000	1500	10,000	375
13,510	15,200	1500	15,000	800

جدول (2-7) البيانات الفنية للمصابيح المتوهجة المستخدمة لاضاءة الطرق لنظام التوالى

متوسط العمر hr	قدرة البداية (تقريبا) watt	جهد بداية التشغيل Volt (تقريبا)	الإمبير Amp	الفيض الضوئى الاولى Lumens
2000	142	21.5	6.6	2,500
2000	143	21.6	6.6	2,500
2000	216	32.8	6.6	4,000
2000	207	13.8	15	4,000
2000	207	13.8	15	4,000
2000	320	48.4	6.6	6,000
2000	298	14.9	20	6,000
2000	298	14.9	20	6,000
2000	526	79.7	6.6	10,000
2000	488	24.4	20	10,000
2000	488	24.4	20	10,000
2000	718	35.9	20	15,000
2000	718	35.9	20	15,000

2- *مصابيح الزئبق*

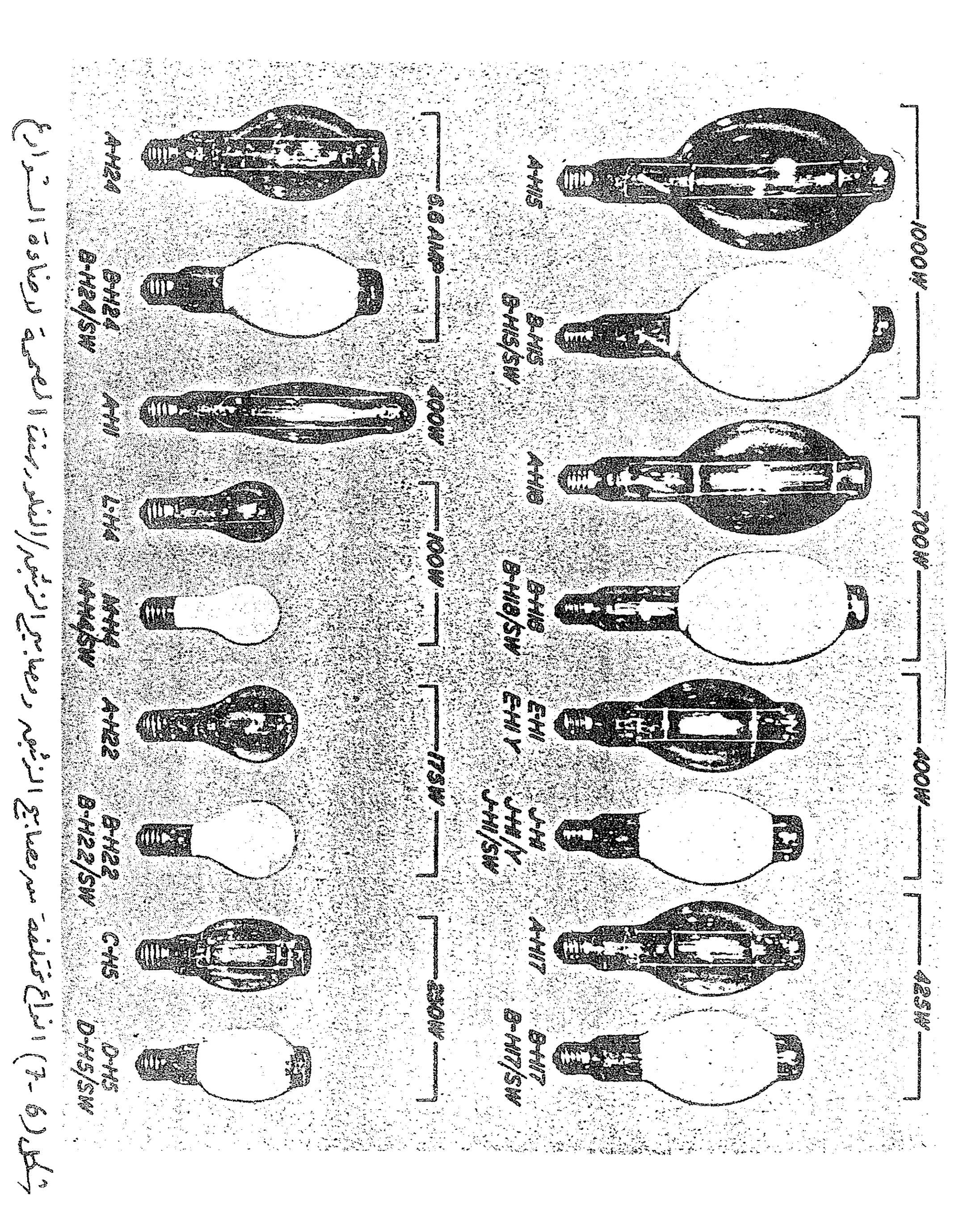
توجد أنواع متعددة من مصابيح بخار الزئبق ، والتى تتكون من بوصيلتين *(bulb)* ، احدهما بوصيلة داخلية (او انبوبة القوس) والتى يحدث بها القوس الكهربى والاخرى الخارجية لحفظ انبوبة القوس من تغييرات درجات الحرارة وفى بعض الاحيان تعمل كمرشح لابعاد بعض اطوال الموجات من اشعاعات القوس . كذلك بعض انواع البوصيلات الخارجية تحتوى على طبقة من الفسفور *(phosphor)* وتعرف هذه المصابيح بمصابيح الزئبق الفلورسنتية *(Fluorescent- mercury Lamps)* ويوضح شكل *(6-7)* انواع مختلفة من مصابيح الزئبق ومصابيح الزئبق الفلورسنتية والمصممة لإضاءة الطرق .

ويوضح شكل *(7-7)* احد انواع كشافات اضاءة الطرق لمصابيح الزئبق قدرة *100,175, 250 watt* ، بينما يوضح شكل *(8-7)* كشاف آخر لمصباح زئبقى *400 watt* ومجهز داخلياً بكابح التيار .

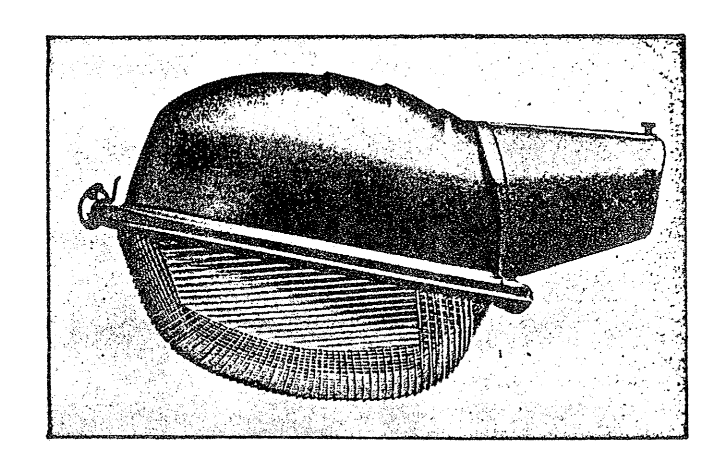
3- المصابيح الفلورسنت

عند استخدام المصابيح الفلورسنت لإضاءة الطرق فانه يستخدم عدد من المصابيح معا فى كشاف واحد وذلك للحصول على كفاءة ضوئية عالية . ويحتاج كل مصباح الى كابح تيار يختار تبعاً لخصائص المصباح وجهد تشغيله ، فمثلاً يحتاج المصباح ذى كاثود تسخين متقدم الى جهد بداية منخفض نسبياً والذى لايزيد عن *200* فولت ، وتحتاج مصابيح البداية اللحظية الى جهد فى حدود من *450* الى *750* فولت ، بينما النوع ذى البداية السريعة فيحتاج لجهد تشغيل من *450* الى *550* فولت .

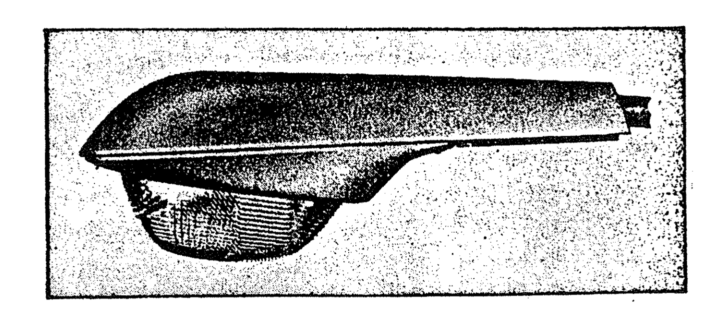
ويوضح شكل *(9-7)*كشاف لعدد *4* مصابيح فلورسنت ذو فيض ضوئى *5300 lm* بينما يوضح شكل *(10-7)* كشاف اخرى يستخدم مصباحين فلورسنت ذو فيض ضوئى *5300 lm*



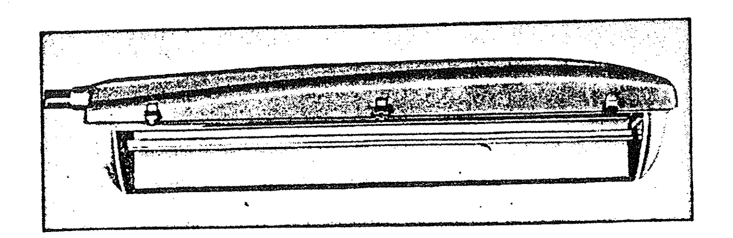
شكل (6-7) انواع مختلفة من مصابيح الزئبق ومصابيح الزئبق/الفلز هاليد المحسنة لصناعة السراج



شكل (٧-٧) كشاف لمصباح زئبق



شكل (٧-٨) كشاف لمصباح زئبق مجهز بكابح تيار



شكل (٧-٩) كشاف لعدد ٤ مصابيح فلورسنت

يتناقص الفيض الضوئى للمصابيح مع تقادم المصابيح نتيجة تدهور مسحوق الفسفور وتظهر نقط سوداء داخل الانبوبة . ويوضح شكل *(7-11)* منحنى العلاقة بين الفيض الضوئى باللومن وساعات التشغيل للمصابيح الفلورسنت .

ونعرض فى جدول *(7-3)* البيانات الفنية (القدرة - تيار التشغيل - العمر - الفيض الضوئى) لبعض انواع مصابيح الزئبق والفلورسنت المستخدمة فى اضاءة الطرق .

انواع الملحقات *(Types of fittings)*

تصنف انواع الكشافات المستخدمة لاضاءة الطرق الى :

أ - كشاف من نوع قطع الضوء *(Cut-off type fitting)*

فى هذا النوع نحصل على اقل بهر *(glare)* حيث ينبعث اغلب الضوء عند زاوية اقل من° *75* (مقاسة مع المحور الرأسى) ، بينما لاينبعث الضوء فى الحدود الاعلى من هذه الزاوية ، ويوضح شكل *(7-12)* كشاف قطع الضوء ومنحنى توزيع الاضاءة له .

ب - كشاف من نوع عدم قطع الضوء *(Non-cut-off type fitting)*

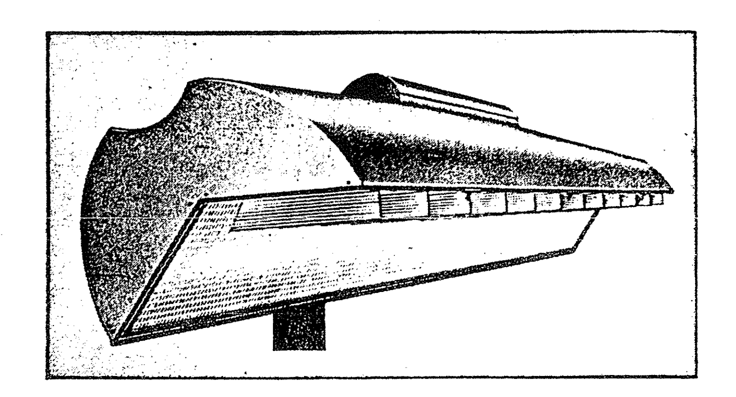
فى هذا النوع لايحدث انخفاض فى شدة الاستضاءة *(Luminous intensity)* بين الزاويتين° *70* ،° *90* (مقاسة مع المحور الرأسى)

ويصنف هذا النوع الى :

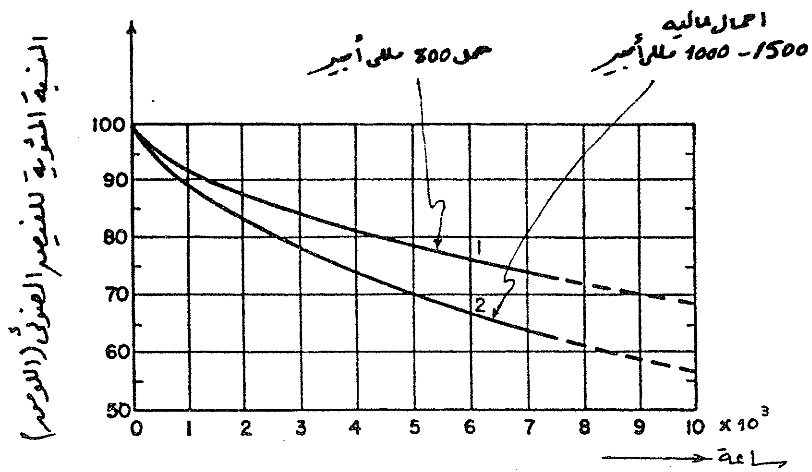
- النوع ذو حزمة اضاءة توزيع بزاوية عالية كما فى شكل *(7-13)*

- النوع ذو حزمة إضاءة توزيع بزاوية متوسطة كما فى شكل *(7-14)*

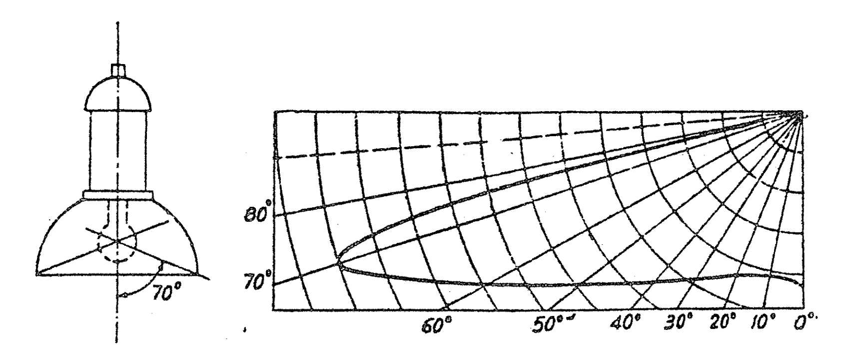
وفى هذا النوع تحدث اقصى شدة استضاءة عند الزاوية° *75* (مقاسة مع المحور الرأسى) ونحصل من النوع ذى الزاوية المتوسطة على بهر اقل على الرغم من اننا لانحصل منه على شدة اضاءة منتظمة مثل النوع ذى الزاوية العالية .



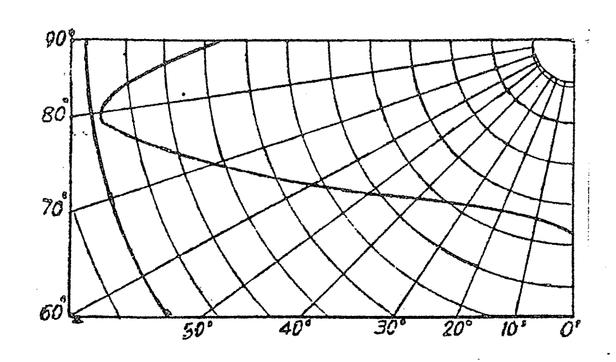
شكل (٧-١٥) كشاف لمصباحين فلورسنت



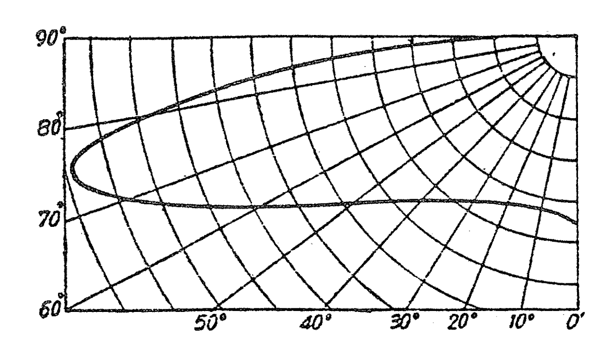
شكل (٧-١١) منحنى العلاقة بين النسبة المئوية للفيض الضوئى (اللومن) وساعات التشغيل لمصابيح الفلورسنت المستخدمة لاضاءة الشوارع .



شكل (7-12) كشاف قطع الضوء ومنحنى توزيع الاضاءة له



شكل (7-13) منحنى توزيع الاضاءة لحزمة زاوية عالية



شكل (7-14) منحنى توزيع الاضاءة لحزمة زاوية متوسطة

جدول (7-3) البيانات الفنية لبعض انواع مصابيح الزئبق والفلورسنت المستخدمة فى اضاءة الطرق

نوع المصباح	القدرة watt	تيار التشغيل Amp	متوسط العمر hr	فيض التشغيل التقريبى Lumens	متوسط الفيض الضوئى خلال عمر التشغيل Lumens
L - H1	100	0.9	4000	3,300	
M - H1	100	0.9	4000	3,000	
A - H1	400	3.2	4000	15,000	13,500
F - H1	400	3.2	6000	20,000	15,600
A - H5	250	2.1	5000	11,000	9,300
F/100/T12/ CW/RS (1)	100	1.0	7500	5,350	4,450

(1) Fluorescent - high - output lamp

وفيما يلى بعض انواع الكشافات المستخدمة فى اضاءة الطرق :

- كشاف يحتوى على عواكس ، شكل (7-15)

يتحكم فى توزيع الاضاءة بواسطة اوجه عاكسة متعددة (تتراوح من 4 إلى 6 اوجه عاكسة) ويستخدم لاضاءة الطرق التى تحتاج الى اضاءة عالية وكمية اضاءة مثالية على ارتفاع 10 متر

حيث يركب كشاف ذو اربعة اوجه عاكسة لمساحات الطرق العادية وبعدد 6 اوجه عاكسة للمساحات الاكثر اتساعاً .

- كشاف يحتوى على عاكس الومنيوم ، شكل (7-16)

يحتوى الكشاف على عاكس مطلى كهربياً ومصنع من الالومنيوم المسحوب وله وجه من الاكريلك الشفاف .

ويستخدم لإضاءة الطرق التى تحتاج الى إضاءة عالية وكمية اضاءة مثالية على ارتفاع حتى 10 متر .

- كشاف للطرق الجانبية ، شكل (7-17)

جسم الكشاف من الالومنيوم المسحوب ومطلى كهربياً ويعمل كعاكس للوحدة ويستخدم لإضاءة الطرق الصغيرة والمزدحمة والجانبية ، وطرق السير على الاقدام ، الطرق الجانبية على الشواطئ والميادين ويركب على ارتفاع مابين 4 الى 6 متر .

صفات إضاءة الطرق :

تقيم صفات انشاءات اضاءة الطرق تبعاً لتدريج ذى تسعة نقاط كما هو مبين بجدول (7-4)

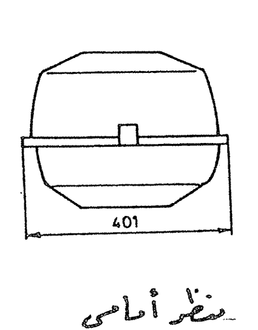
جدول (7-4) تقيم صفات انشاءات اضاءة الطرق

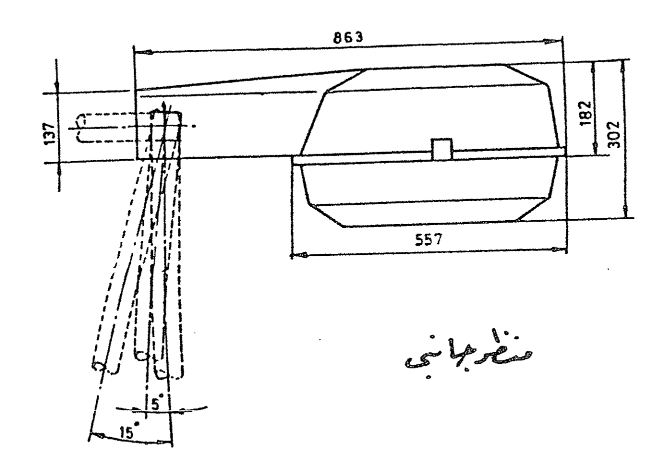
الدليل	التقييم
1	Bad سيء
2	– –
3	Inadequate غير ملائم
4	– –
5	Fair مقبول
6	– –
7	Good جيد
8	– –
9	Excellent ممتاز

عموماً من وجهة نظر كل من العول والادراك المرئى السهل فان اهم ثلاثة صفات مطلوبة فى انشاءات اضاءة الطرق هى :

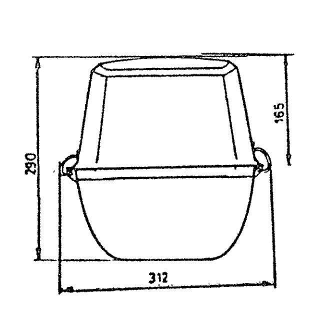
1- مستوى النصوع (Luminance level)

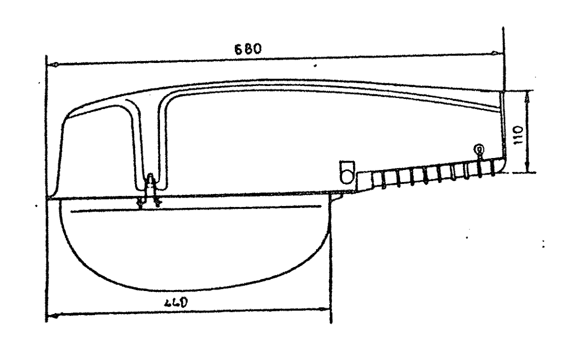
ويكون متوسط النصوع لسطح الطريق على الاقل 2 cd/m2



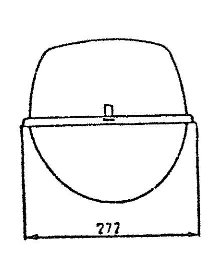


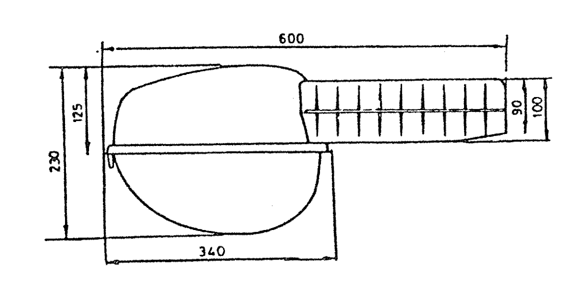
شكل (7-15) كشاف يحتوى على عواكس





شكل (7-16) كشاف يحتوى على عاكس ألومنيوم





شكل (7-17) كشاف للطرق الجانبية

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

2- انتظام النصوع على سطح الطريق

(Uniformity of luminance pattern on the road surface)

عند تقييم الصفة رقم 7 (اى التقييم «جيد») فان النسبة L_{min} / L_{max} تكون على الاقل 0.7 بطول الطريق (حيث L_{min} , L_{max} اقل واقصى قيمة للنصوع)

ويكون اقل نصوع لسطح الطريق ، على الاقل ، يساوى 0.4 من القيمة المتوسطة للنصوع كذلك يجب الا يقل اقل نصوع لسطح الطريق على طول خط المركز للحارات عن 0.7 من القيمة القصوى للنصوع على طول نفس الخط .

3- تحديد البهر *(Glare Limitation)*

يستخدم تدريج من 9 نقط لتقييم البهر غير المريح لانشاءات اضاءة الطرق والموضح فى جدول (5-7)

جدول (5-7) تقييم البهر

التقييم		البهـــــر		الدليـــل
سىء	Bad	لايحتمل	Unbearable	1
—	—	—	—	2
غير ملائم	Inadequate	مزعج	Disturbing	3
—	—	—	—	4
مقبول	Fair	مقبول	Just admissable	5
—	—	—	—	6
جيد	Good	مرضى	Satisfactory	7
—	—	—	—	8
ممتاز	Excellent	غير لافت للنظر	Unnoticeable	9

وعموماً يجب الا يقل مستوى البهر عن الرقم 7 بجدول التقييم

ويمكن حساب البهر (G) من المعادلة التالية والتى تتحقق للارتفاعات الاقل من 20 متر

$$G = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 \left(\log \frac{I_{80}}{I_{88}}\right)^{1/2} - 0.08 \left(\log \frac{I_{80}}{I_{88}}\right) + 1.29 \log F + 0.97 \operatorname{Log} L_{av} + 4.41 \operatorname{Log} h' - 1.46 \log p + f \; \ldots\ldots\ldots \; (7\text{-}1)$$

حيث

I_{80} = اقصى شدة استضاءة عند الزاوية °80 ، مقاسة من المحور الرأسى

I_{88} = اقصى شدة استضاءة عند الزاوية °88 ، مقاسة من المحور الرأسى

F = مساحة انبعاث الضوء من مصدر الضوء ، المسلط تحت الزاوية °76

L_{av} = متوسط نصوع سطح الطريق

h' = الارتفاع بين مستوى العين ومصدر الضوء

p = عدد مصادر الضوء لكل كيلومتر

f = معامل تصحيح اللون والذى يؤخذ كالآتى

لمصابيح الصوديوم منخفض الضغط $f = +0.4$

لمصابيح الصوديوم عالى الضغط $f = +0.1$

لمصابيح الزئبق عالى الضغط $f = -0.1$

للمصابيح الاخرى $f = 0.0$

بالاضافة الى الصفات السابقة فانه يؤخذ فى الاعتبار كل من مظهر ودليل الالوان والتوجيه المرئى .

تصميم اضاءة الطرق (Road Lighting Design)

يجب معرفة البيانات التالية اولا :

- تفصيل لمسار الطريق .
- متوسط النصوع المطلوب

- درجة الانتظام المطلوبة
- خصائص الانعكاس لسطح الطريق
- درجة التوجيه المرئى المطلوبة

ويعتمد اختيار قدرة المصابيح والفراغات بينها على الارتفاع ، والذى بدوره يعتمد على عرض الطريق . ويعتمد نوع المشكاه *(Lantern)* (قطع الضوء - عدم قطع الضوء) وميلها على خصائص الطريق ومايحيط به . وتؤخذ ايضاً فى الاعتبار التكلفة الاقتصادية .

تنظيم الاضاءة *(Lighting Arrangement)*

١- طرق المرور في اتجاهين *(Two-way Traffic Roads)*

تصنف هذه الطرق من حيث الاضاءة الى اربعة هى :

أ - تعليق مركزي *(Centrally suspended)*

فى هذا النوع يتم تعليق وسائل الاضاءة على طول خط المحور للطريق ، كما فى شكل *(7-18)*أ وغالباً يستخدم هذا النوع فى الطرق الضيقة والمحاطة بالمبانى من اى جانب . ويمكن ان تعلق وسائل الاضاءة على سلك او حبل ممدود بين المبانى .

ب - الاضاءة المقابلة *(Opposed)*

تعلق وسائل الاضاءة على جانبى الطريق وكل منهما مقابل الاخر ، كما فى شكل *(7-18)* ب ويستخدم هذا النوع اذا كان عرض الطريق اكبر من *1.5* مرة ارتفاع وسيلة الاضاءة .

جـ - إضاءة مرتبة خلافا *(Staggered)*

تنظم وسائل الإضاءة على جانبى الطريق وتأخذ شكل زجزاج كما فى شكل *(7-18)* جـ وتستخدم اذا كان عرض الطريق يتراوح بين *1* , *1.5* مرة من ارتفاع وسيلة الإضاءة وفى هذا النوع يجب مراعاة النصوع على سطح الطريق حتى لايحدث اى ازعاج من التأثير الناتج من الترتيب على شكل زجزاج .

ء - الاضاءة علي طريق جانبي مفرد *(Single sided)*

تنظم وسائل الإضاءة على احد جانبى الطريق فقط ، كما فى شكل *(7-18)*ء ، وتستخدم هذه الطريقة اذا كان عرض الطريق يساوى او اقل من ارتفاع وسيلة الإضاءة . ويكون النصوع على الجانب المقابل اقل من النصوع على الجانب المركب عليه وسائل الإضاءة .

يمكن مزج اى من الطرق السابقة معاً .

2- الطرق المزدوجة لمرور سيارات النقل والشاحنات

(Motorways and Dual-carriageways)

تستخدم ايضاً نظم التوزيع الموضحة فى شكل *(7-18)* لإضاءة الطرق المزدوجة لمرور سيارات النقل والشاحنات . بالإضافة الى الانواع التالية :

أ - تنظيم الإضاءة علي شكل سلسلة *(Catenary)*

فى هذا النوع تستخدم اعمدة تثبيت فى منتصف الطريق ، بين كل عمودين *60* إلى *90*متر ، ويمد بين كل عمودين كابل صلب يعلق عليه وسائل الإضاءة . وتكون المسافة بين وسائل الإضاءة من *10* إلى *20* متر ويبين شكل *(7-19)* أ توضيح هذا النوع

ب- تنظيم الاضاءة باستخدام حامل اكتاف مزدوجة *Twin-bracket* **وحوامل فردية متقابلة**

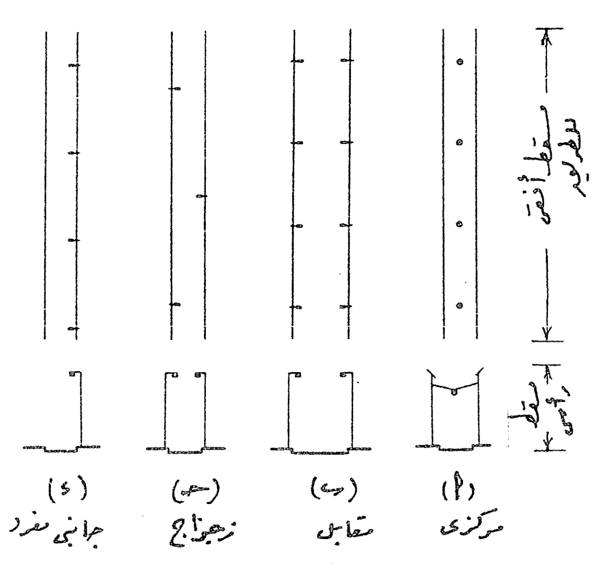
كما فى شكل *(7-19)* ب . تستخدم حوامل ذات اكتاف مزدوجة بالاضافة الى حوامل متقابلة مرتبة كما فى الشكل ، وهى تماثل الحالة فى شكل *(7-18)*جـ .

ء - ترتيب الاضاءة باستخدام حامل اكتاف مزدوجة *(Twin - bracket)*

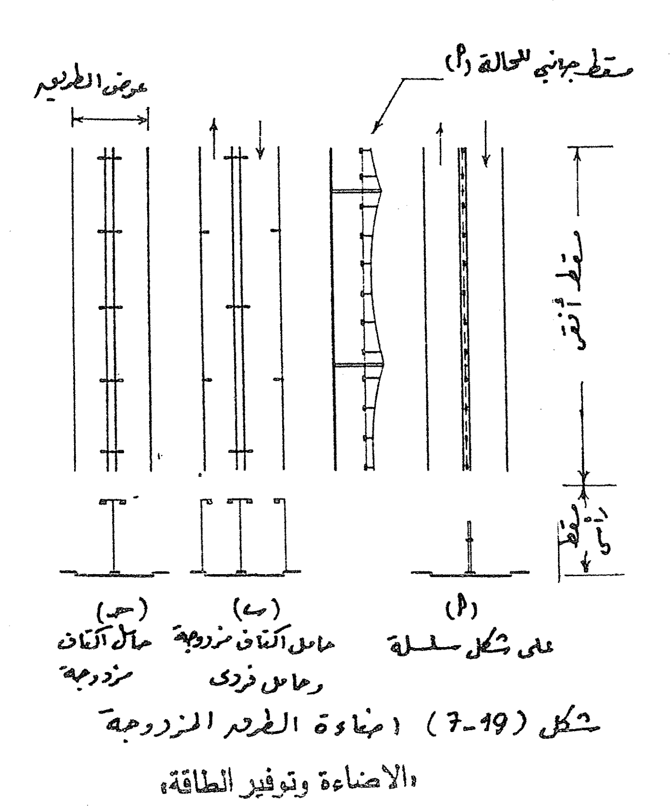
يوضح شكل *(7-19)* جـ ترتيب الاضاءة فى حالة استخدام اكتاف مزدوجة .

من افضل الطرق السابقة الطريقة الموضحة فى شكل *(7-19)* أ والتى تمتاز بالآتى :

* دليل مرئى ممتاز
* انتظام اضاءة طولى ممتاز



شكل (7-18) اضاءة طرق المرور في اتجاهين



شكل (7-19) اضاءة الطرق المزدوجة

* بهر اقل من الطرق الاخرى

* رؤية اوضح ، خاصة فى الاجواء السيئة

3- إضاءة تقاطع الطرق

توجد انواع مختلفة من تقاطع الطرق ، وأغلبها موضح فى الشكل(7-20) ، ويجب ان تكون اضاءة التقاطعات اوضح من الطرق الطوالى وذلك لمساعدة السائق فى اختيار مخرج الطريق السليم . ويمكن المساعدة ايضاً باستخدام اضاءة ملونة عند التقاطعات او باستخدام وسائل تعليق مختلفة وبترتيب مختلف عن الشوارع او الطرق الطولية .

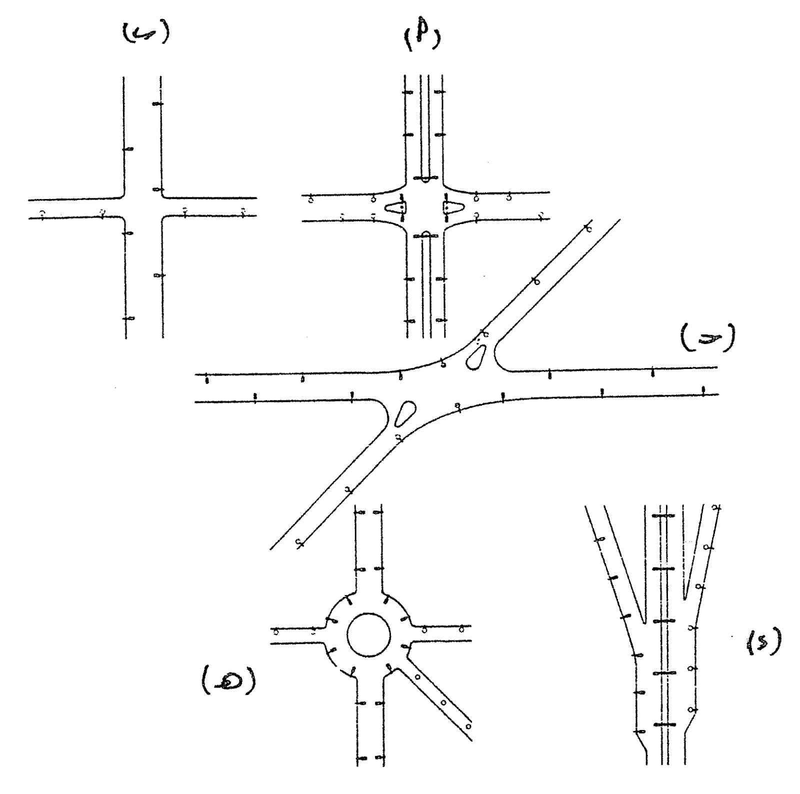
4- إضاءة منحنيات الطرق

تعالج المنحنيات ذات نصف القطر الكبير ، حوالى 300 متر ، مثل الطرق الطولية من حيث الاضاءة بتنظيم وسائل الاضاءة بأحد الطرق المذكورة سابقاً ، بينما للمنحنيات ذات الاقطار الاصغر فيجب عند اضاءتها مراعاة النصوع الكافى على سطح الطريق بالاضافة الى دليل رؤية فعال . اذا كان عرض الطريق اقل من 1.5 مرة من ارتفاع وسائل الاضاءة فان وسائل الاضاءة تنظم كما فى شكل (7-21) ، وللطرق العريضة يستخدم التنظيم المقابل ، بينما التنظيم الزجزاجى فإنه يعطى رؤية ضعيفة ولذا يجب عدم استخدامة .

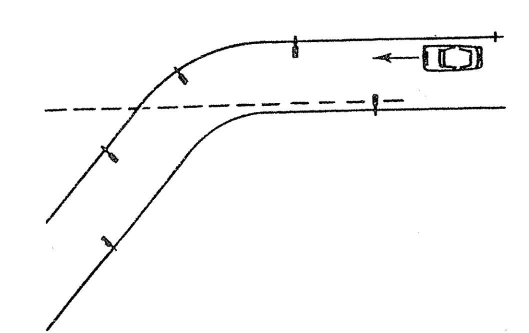
ولجميع المنحنيات ، فان المسافة بين اعمدة الاضاءة تعتمد على نصف قطر المنحنى : كلما قل نصف القطر كلما تقاربت الاعمدة ، وكقاعدة عامة فان المسافة بين كل عمودين تتراوح بين 0.5 , 0.75 من قيمة المسافة بين كل عمودين لنفس طريقة التنظيم المماثلة المستخدمة فى الطرق المستقيمة ويوضح شكل(7-22) مثال آخر لاضاءة منحنى محاطاً بالمبانى .

التوصيات العالمية لإضاءة الطرق

للوصول الى توصيات منطقية لمستويات شدة الاضاءة والنصوع المطلوبين لإضاءة الطرق والشوارع فقد تم توصيف الطرق والشوارع بالنسبة لحركة مرور السيارات والمارة .



شكل (20-7) اضاءة تقاطع الطرق



شكل (21-7) اضاءة طريق منحنى

فمثلاً يوضح جدول *(7-6)* توصيف حركة المرور بدلالة ازدحام السيارات .

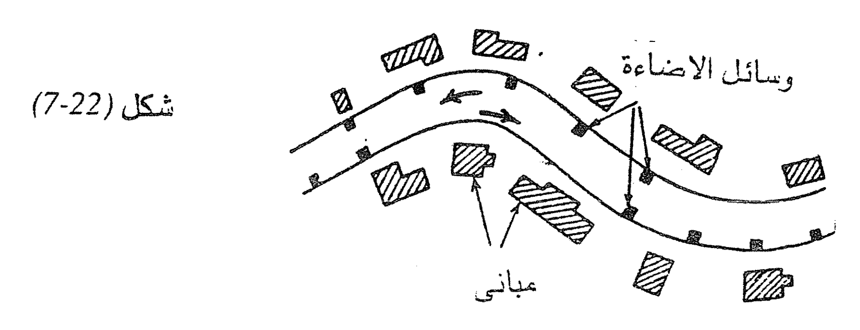
بينما يوضح جدول *(7-7)* التوصيف بدلالة ازدحام المارة (المشاة) .

ويؤثر عامل الانعكاس *(reflection factor)* على اسطح الطرق والشوارع تأثير محدد على فاعلية إنشاءات الإضاءة ، تبعاً لذلك يجب تقييم قيمة عامل الانعكاس لاسطح الشوارع والطرق الطويلة .

بالاسترشاد بالجدولين رقمى *(7-6)* , *(7-7)* ومع الاخذ فى الاعتبار عامل انعكاس *3%* فيوضح جدول *(7-8)* متوسط شدة الاضاءة الافقية تبعاً للتوصيات الامريكية *(A.S.A Standard D 12.1 - 1953)* والقيم المذكورة هى اقل قيم عملية لمتوسط شدة الاضاءة لحركة المرور ويؤخذ فى الاعتبار ارصفة وارضيات الشوارع بين حواف الطرق ، ويجب الاتقل اقل قيمة لشدة الاضاءة ، عند نقطة ، عن ربع القيم المتوسطة المعطاه فى هذا الجدول ، ماعدا فى حالات المرور الخفيفة جداً حيث تكون اقل قيمة لشدة الاضاءة ، عند اى نقطة ، اقل من عشر القيمة المعطاه بالجدول . ويلاحظ ان عامل الانعاكس *3%* هو تمثيل لارضية شوارع غير جيدة ، واذا كان عامل الانعكاس *10%* فان قيم شدة الاضاءة بجدول *(7-8)* تقل بنسبة *33%* بينما اذا كان العامل *20%* او اكثر فان القيم تقل بنسبة *50%*

ويجب مراعاة ان تكون شدة الاضاءة لتقاطعات ممرات الطرق اعلى من القيم بجدول *(7-8)* حيث ان شدة الاضاءة عند التقاطع تكون على الاقل مساوية لمجموع قيم شدة الاضاءة للشوارع او الممرات المكونة للتقاطع .

وكذلك يوضح جدول *(7-9)* توصيات لقيم شدة الاضاءة ، تبعاً للمواصفات القياسية البريطانية



شكل *(7-22)*

جدول (7-6) توصيف حركة المرور بدلالة ازدحام السيارات

وصف الطريق بدلالة ازدحام السيارات (حركة المرور)	حجم حركة مرور السيارات (بوحدات سيارة/ساعة) (اقصى اضاءة ليلية فى كلا الاتجاهين)
حركة مرور خفيفة جداً	< 150
حركة مرور خفيفة	150 - 500
حركة مرور متوسطة	500 - 1200
حركة مرور كثيفة	1200 - 2400
حركة مرور كثيفة جداً	2400 - 4000
اقصى كثافة لحركة المرور	> 4000

جدول (7-7) توصيف ازدحام المشاة (المارة)

التوصيف	حجم المارة المارين بين مسافات السيارات
غير موجود	لايوجد مارة ، كما فى الطرق الطوالى
خفيف	كما فى شوارع المناطق السكنية المتوسطة
متوسط	كما فى شوارع الاعمال التجارية الثانوية
كثيف	كما فى الشوارع التجارية الرئيسية

جدول (7-8) مستويات شدة الاضاءة بالشوارع

حركة مرور المشاه تبعاً لجدول (7-7)	وصف الطرق بدلالة ازدحام السيارات (حركة المرور)			
	حركة مرور خفيفة جداً (اقل من 500 سيارة/ساعة)	حركة مرور خفيفة (150-500 سيارة/ساعة)	حركة مرور متوسطة (500-1200 سيارة/ساعة)	حركة مرور كثيفة (اكبر من 1200 سيارة/ساعة)
	$Fc\ (Lm/ft^2)$	$Fc\ (Lm/ft^2)$	$Fc\ (Lm/ft^2)$	$Fc\ (Lm/ft^2)$
كثيف	0.9	1.2	1.5	1.8
متوسط	0.6	0.9	1.2	1.5
خفيف او منعدم	0.3	0.6	0.9	1.2

جدول (9-7) توصيات المواصفات القياسية البريطانية *I.S : 1944-1961* لقيم شدة الاضاءة بوحدات *Lux* لشوارع وطرق المدن

وصف الطرق بدلالة ازدحام المارة	وصف الطرق بدلالة ازدحام السيارات (حركة المرور)			
	حركة مرور خفيفة جداً (اقل من 150 سيارة/ساعة)	حركة مرور خفيفة (500-150 سيارة/ساعة)	حركة مرور متوسطة (1200-500 سيارة/ساعة)	حركة مرور كثيفة (اكبر من 1200 سيارة/ساعة)
	Lux	*Lux*	*Lux*	*Lux*
ازدحام كثيف (مناطق رئيسية للاعمال التجارية	0.4	0.5	0.8	1.1
ازدحام متوسط (مناطق ثانوية للاعمال التجارية	0.4	0.5	0.5	0.8
ازدحام خفيف او منعدم (شوارع او طرق طوالى)	0.4	0.5	0.5	0.5

ملاحظات على جدول (9-7)

١- شدة الاضاءة المعطاه على اساس ان عامل الانعكاس يساوى *10%* ، اذا كان الانعكاس اضعف فيجب تحسين شدة الاضاءة .

٢- مستويات شدة الاضاءة طبقاً للمواصفات *I.S: 1944-1970* (الاعلان الاول) اعلى كثيراً من هذه القيم . والتى تتغير من *4 Lux* للطرق الثانوية ذات الازدحام الضعيف الى *30 Lux* للطرق الهامة .

بينما تخضع المواصفات القياسية الالمانية للقيم الاسترشادية لشدة الاضاءة الموضحة بجدول (10-7) .

جدول *(7-10)*

قيم ارشادية تستخدم فى اضاءة الشوارع والطرق

نـــــــوع الطريـــــــق	القيمة المتوسطة الافقية لشدة الاستضاءة *Em'* (قيمة استرشادية)		اقل قيمة لشدة الاستضاءة الموزعة	
	على الطريق			
	مظلم لاكس (lx)	نهار لاكس (lx)	g_1	g_2
طرق مرور وسائل النقل الثقيلة *(City motor -ways)* الطرق المحتوية على منحنيين تكون مقيدة بالكامل (الف سيارة/ساعة)	*16*	*8*	*1:3*	*1:6*
طرق طويلة للطوالى *(Long distance high ways)* طرق مرور وسائل النقل التى تحتوى على الاقل على بوابتين فى كل اتجاه (الف سيارة / ساعة)	*16*	*8*	*1:3*	*1:6*
الشوارع الرئيسية *(main arteries)* تكون الشوارع الرئيسية فى المدن هى السائدة للمرور داخل المدن ولكن ايضاً خلال زحام المرور يحدث تقاطع للمستويات المنسوية ودخول مباشر للمساحات المجاورة ، عادة يكون يمين الطريق .	*16*	*8*	*1:3*	*1:6*
الطرق الكبيرة *(Major roads)* وهى طرق المدن ، عادة تكون للمرور بين الاقاليم (*500* سيارة / ساعة)	*12*	*6*	*1:3*	*1:6*
الطرق الفرعية *(Feeder roads)* وهى طرق المدن ، ربط مساحات متقاربة او طرق رئيسية	*4*	*2*	*1:4*	*1:8*
الطرق المحلية *(Local roads)* وهى طرق بالمدن	*> 1*		--	--

$g_1 = \frac{E_{min}}{E_m}$ $\quad g_2 = \frac{E_{min}}{E_{max}}$ $\quad g_1 , g_2$ = *degree of uniformity*

وتتبع بلجيكا وفرنسا وايطاليا وهولندا المواصفات القياسية العالمية *CIE* والموضحة فى جدول *(7-11)* وتصنف وسائل اضاءة الطرق تبعاً للمواصفات *CIE* كما فى جدول *(7-12)* بينما تخضع بريطانيا للمواصفات القياسية *BSI* والموضحة فى جدول *(7-13)* اما امريكا فانها تتبع المواصفات القياسية *IES* والموضحة فى جدول *(7-14)*

جدول *(7-11)* المواصفات القياسية *CIE* لإضاءة الطرق

البيـــــان	الطرق المزدوجة لمرور سيارات النقل والشاحنات	الطرق الرئيسية والطرق الفرعية	الطرق الاساسية فى المساحات المزدحمة بالمبانى	الطرق الثانوية
متوسط مستوى النصوع *Lav* (وحدات cd/cm^2)	2	2	1	0.5
الانتظام *uniformity* $G_2 = \frac{l_{min}}{L_{av}}$	0.4	0.4	--	
البهر : نوع وسيلة الاضاءة	النوع ذو زاوية قطع الضوء	النوع ذو زاوية قطع الضوء	النوع ذو زاوية قطع الضوء أو النوع شبه زاوية قطع الضوء	النوع شبه زاوية قطع الضوء أو النوع ذى زاوية عدم قطع الضوء

جدول *(7-12)* تصنيف وسائل اضاءة الطرق تبعاً للمواصفات القياسية *CIE*

المواصفة *CIE* رقم *12* لعام *1965*	اتجاه أقصى شدة	اقصى شدة منبعثة مسموحة عند	
		90 °	*80 °*
Cut-off النوع ذو زاوية قطع الضوء	*0 - 65 °*	*10 cd/1000 Lm*	*30 cd/1000 Lm*
Semi cut-off النوع شبه زاوية قطع الضوء	*0 - 75 °*	*50 cd/1000 Lm*	*100 cd/1000 Lm*
Non- cut-off النوع ذو زاوية عدم قطع الضوء	--	*1000 cd** (قيمة مطلقة)	

* تصل القيمة قصوى الى *1000 cd* ايا كان الفيض الضوئى المنبعث

جدول *(7-13)* المواصفات القياسية العالمية *BSI* لإضاءة الطرق

نوع توزيع الاضاءة طبقاً للمواصفات *BSI 1971*	فى المستوى الرأسى بمنحنى التوزيع			حدود نسبة الشدة فى اى اتجاه خلال مخروط الضوء بزاوية °30 مع المحور الرأسى (اقصى قيمة لاتتعدى 80% من PIR)		فى المستوى الرأسى والموازى لمحور الشارع		
	زاوية الارتفاع فى حدود حزمة الضوء	حدود ذروة نسبة الشدة PIR ***				زاوية الارتفاع والتى عندها نسبة الشدة تساوي 1.2		اقصى نسبة شدة عند المستوى الافقى **
		الادنى	الاقصى	الادنى	الاقصى	الادنى	الاقصى	
ذو زاوية قطع الضوء	65 °	2.0	4.0	0.3	2.0	72 °	78 °	0.15
شبه زاوية قطع الضوء	75 °	1.8	4.0	0.3	1.7	78 °	84 °	0.6
شبه زاوية قطع الضوء*	75 °	1.8	4.0	0.3	1.7	80 °	86 °	0.7

* للانظمة ذات النوع شبة زاوية قطع الضوء تستخدم مصابيح الصوديوم

** نحسب نسبة الشدة *(IR)* من العلاقة

$$IR = Intensity\ ratio = \frac{Intensity\ in\ a\ particular\ direction}{Average\ intensity\ in\ lower\ hemisphere}$$

*** PIR = ذروة نسبة الشدة *Peak Intensity Ratio*

جدول *(7-14)* المواصفات القياسية العالمية *IES* لإضاءة الطرق

المواصفات القياسية الامريكية *IES 1972*	اقصى قيمة مسموحة للشدة المنبعثة عند	
	90 °	80 °
النوع ذو زاوية قطع الضوء	25 cd / 1000 Lm	100 cd / 1000 Lm
النوع شبه زاوية قطع الضوء	50 cd / 1000 Lm	200 cd / 1000 Lm
النوع ذو زاوية عدم قطع الضوء	----	----

حسابات اضاءة الطريق

فى هذا الجزء سنستعرض الطرق السريعة والدقيقة لحساب كل من النصوع (Luminance) وشدة الاضاءة (Illuminance)

حساب شدة الإضاءة

1- شدة الاضاءة عند نقطة

تبعاً للشكل (7-23) فان شدة الاضاءة الكلية عند النقطة P تعطى من العلاقة

$$E_p = \sum^{n} \frac{I_{\gamma c}}{h^2} \cos^3 \gamma \qquad \text{..........} \quad (7-2)$$

حيث :

E_p = شدة الاضاءة عند النقطة P

$I\gamma_c$ = شدة الاستضاءة (Luminous intensity) للمشكاه (الكشاف) فى اتجاه النقطة p بدلالة الزاويتين C , γ

n = عدد الكشافات المستخدمة

h = ارتفاع عمود الاضاءة

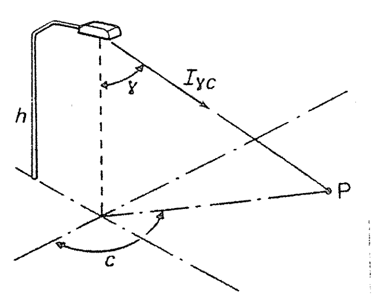
بعد حساب شدة الاضاءة من نقطة الى نقطة ، عادة باستخدام الكمبيوتر ، يرسم الرسم البيانى لتساوى الاضاءة (Isolux diagram) ، ويختلف هذا الرسم تبعاً لنوع المشكاه (الكشاف) ، ونحصل من خط التساوى للإضاءة على اقصى نسبة لشدة الاضاءة الناتجة من المشكاه . ويوضح شكل (7-24) رسم بيانى لخط تساوى الاضاءة وفيه جميع الاحداثيات بدلالة الارتفاع h للمشكاه . ويمكن قراءة شدة الاضاءة النسبية عند اية نقطة من الشكل مباشرة ، والتى يكون معروف بدلالة الارتفاع h

وتحسب القيمة المطلقة لشدة الاضاءة عند نقطة من العلاقة الآتية

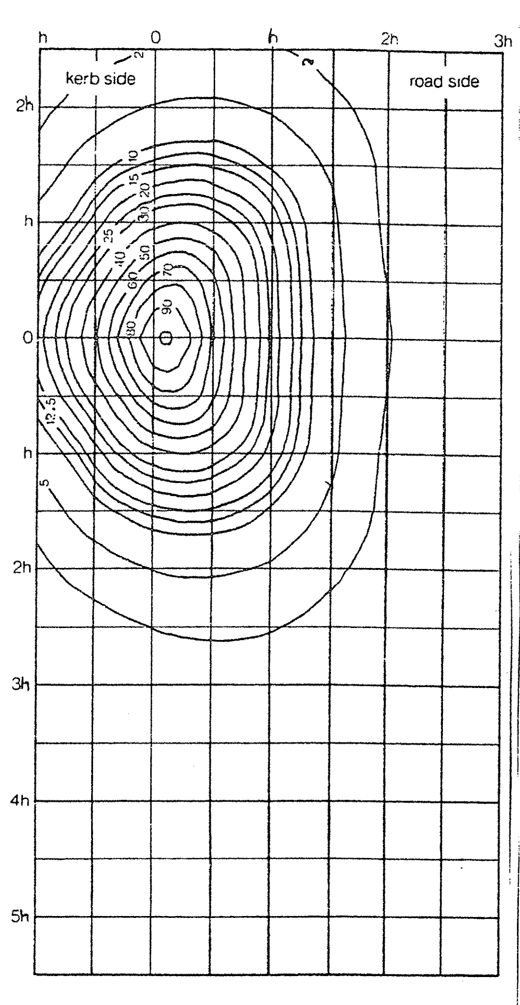
$$E_p = E_r \frac{a \ \Phi_L \ n}{h^2} \qquad \text{..............................} \ (7-3)$$

حيث :

E_r = شدة الاضاءة النسبية عند النقطة P



شكل (7-23) شدة الاضاءة
عند النقطة P



شكل (7-24) الرسم البياني لخط تساوى
الاضاءة عند $E_{max.} = 100\%$

n = عدد المصابيح فى كل مشكاه (كشاف)

Φ_L = الفيض الضوئى للمصباح

a = معامل خاص بوسائل الاضاءة المستخدمة ونحصل عليه من الرسم البيانى لخط تساوى الاضاءة

h = ارتفاع عمود الإضاءة

2 - متوسط شدة الإضاءة

تحسب متوسط شدة الإضاءة من العلاقة

$$E_{av} = \frac{\sum E_p}{N} \quad ....(7\text{-}4)$$

حيث :

E_p= شدة الاضاءة عند كل نقطة

N = العدد الكلى للنقط المحسوب عندها شدة الإضاءة E_p وكلما كان عدد النقط اكبر كلما كانت E_{av} اكثر دقة

كذلك يمكن حساب متوسط شدة الاضاءة باستخدام منحنيات عامل الانتفاع *(Utilization factor)* وخاصة للطرق الطويلة جداً ، وذلك باستخدام العلاقة الآتية :

$$E_{av} = \frac{\eta\, \Phi_L\, n}{WS} \quad ....(7\text{-}5)$$

حيث :

Φ_L = الفيض الضوئى للمصباح

n = عدد المصابيح فى كل مشكاة

W = عرض الطريق

S = المسافة بين كل عمودى اضاءة

η = عامل الانتفاع

ويعرف عامل الانتفاع بالنسبة بين الفيض الضوئى الفعال والفيض الضوئى الكلى

تعطى منحنيات عامل الانتفاع فى احدى الصورتين الاتيتين :

أ - بدلالة الارتفاع h وباستخدام الشكل (7-25) أ

عند $\frac{h}{4}$ نحصل على عامل انتفاع يساوى 0.075

عند $h\ \frac{3}{2}$ نحصل على عامل انتفاع يساوى 0.32

ويكون عامل الانتفاع الكلى

$$\eta = 0.075 + 0.32 = 0.395$$

ب - بدلالة الزاويتين γ_1 ، γ_2

فمن الشكل (7-25) فان

$$\gamma_1 = tan^{-1} \frac{h}{4h} = 14^\circ$$

$$\gamma_2 = tan^{-1} \frac{3h}{2h} = 56.5^\circ$$

ومن الشكل (7-25)ب نحصل على

عند $\gamma_1 = 14^\circ$ فان عامل الانتفاع يساوى 0.075

وعند $\gamma_2 = 56.5^\circ$ فان عامل الانتفاع يساوى 0.32

ويكون عامل الانتفاع الكلى

$$\eta = 0.075 + 0.32 = 0.395$$

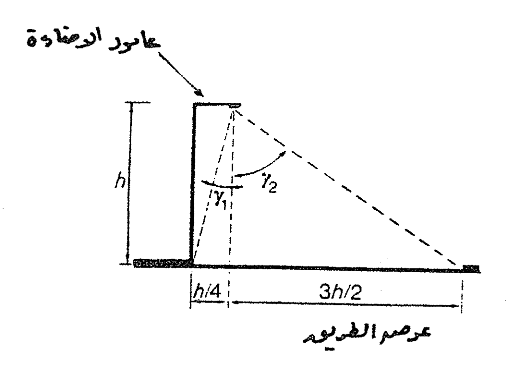
امثلة عملية :

مثال (1)

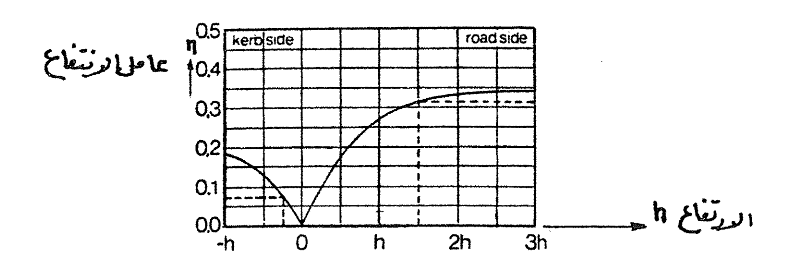
يوضح شكل (7-26) طريق بعرض $10\ m$ واماكن تركيب اعمدة الاضاءة L_1,L_2,L_3,L_4 وارتفاع العمود يساوى $10\ m$ والفيض الضوئى لكل مصباح $40000Lm$ ، ومعامل وسيلة الاضاءة $a = 0.187$. المطلوب ايجاد شدة الاضاءة عند الموقع p

الحل :

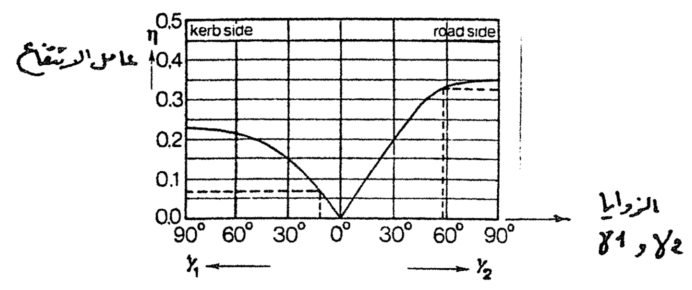
* نرسم الخط المثبت عليه الاعمدة ، وهو الخط (A-A) على الرسم البيانى لخط



(أ) تمثيل عامود الاضاءة والطريق لحساب عامل الانتفاع



(ب) حساب عامل الانتفاع بدلالة الارتفاع h



(جـ) حساب عامل الانتفاع بدلالة الزاوية γ_1 ، γ_2

شكل (7-25) منحنيات عامل الانتفاع

تساوى الاضاءة ، شكل (7-26) على نفس البعد ويوازى المحور الطولى للاعمدة

* نوجد المسافة من محور العارضة لكل عمود الى النقطة p بدلالة الارتفاع h من شكل (7-26) أ

L_1 to p $= 25\ m = 2.5\ h$

L_2 to p $= 5\ m = 0.5\ h$

L_3 to p $= 15\ m = 1.5\ h$

L_4 to p $= 35\ m = 3.5\ h$

تسجل هذه المسافات على الخط $A\text{-}A$ بشكل (7-26) ، فنحصل على النقاط L_1 , L_2 , L_3 (مع اعتبار محور العارضة للاعمدة كمرجع datum)

* تسجل كل قراءة لشدة الإضاءة النسبية المقابلة للنقط L_1 , L_2 , L_3 من الشكل (7-26)

$E_{L1} = 3\%$ of E_{max}

$E_{L2} = 53\%$ of E_{max}

$E_{L3} = 13\%$ of E_{max}

وتكون شدة الإضاءة الكلية عند النقطة p هى

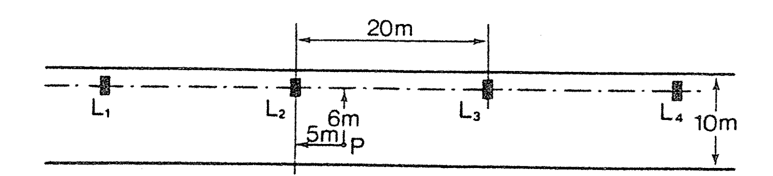
$$E_p = E_{L1} + E_{L2} + E_{L3}$$
$$= 69\ \%\ \text{of}\ E_{max}$$

(مع اهمال تأثير باقى الاعمدة)

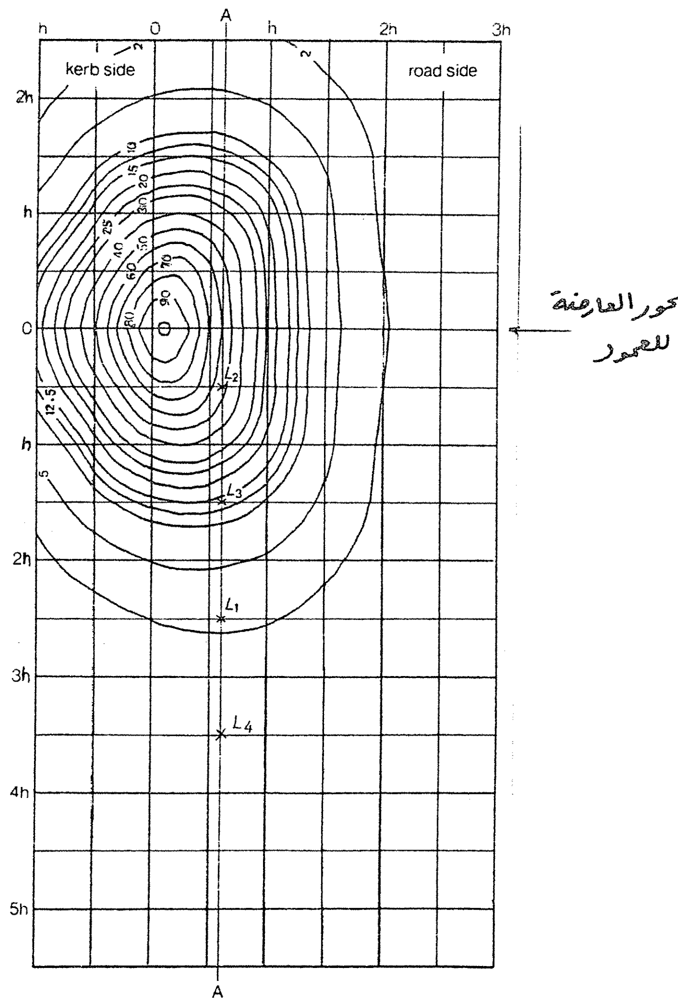
* نحسب اقصى شدة اضاءة E_{max} من العلاقه الاتية

$$E_{max} = \frac{a\,\Phi}{h^2}$$

$$= \frac{0.187 \times 40000}{10^2} = 74.8 \quad Lx$$



(أ) تمثيل مواضع الاضاءة على أحد جانبي الطريق



(ب) الرسم البياني لخط تساوي الاضاءة

شكل (7-26) تحديد شدة الاضاءة عند النقطة P بتأثير كل المصابيح L_3 و L_2 و L_1

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

وعلى ذلك فإن شدة الإضاءة الكلية عند النقطة p تساوى

$$E_p = 0.69 \, X \, 74.8 = 51.6 \qquad Lx$$

مثال (2)

المطلوب ايجاد اقصى مسافة مسموحة بين عمودين للإضاءة علي طريق جانبى مفرد (Single-sided arrangement) والتى تعطى نسبة انتظام شدة اضاءة $\frac{E_{min}}{E_{max}} \geq 0.2$

ارتفاع الاعمدة $h = 10\ m$ ، وعلى بعد $2.5\ m$ من الحافة ، وعرض الطريق $12.5m$

الحل : تحسب المسافة بين الخط المثبت عليه وسائل الإضاءة وحافتى الطريق بدلالة الارتفاع h ويوقع الخط $A\text{-}A$ على بعد $\frac{2.5}{10}\,h$ والخط $B\text{-}B$ على بعد $\frac{10}{10}\,h$ بشكل (7-27) بفرض وجود الكشافين L_2, L_1 ولانتظام شدة الاضاءة اكبر من او تساوى 0.2 فان

$$E_{min}(L_1) + E_{min}(L_2) \geq 20\% \text{ of } E_{max}$$

اى ان اقل قيمة لمجموع $E_{min}(L_2)$, $E_{min}(L_1)$ هى 20% اى ان كل منهما تساوى $10\% \text{ of } E_{max}$

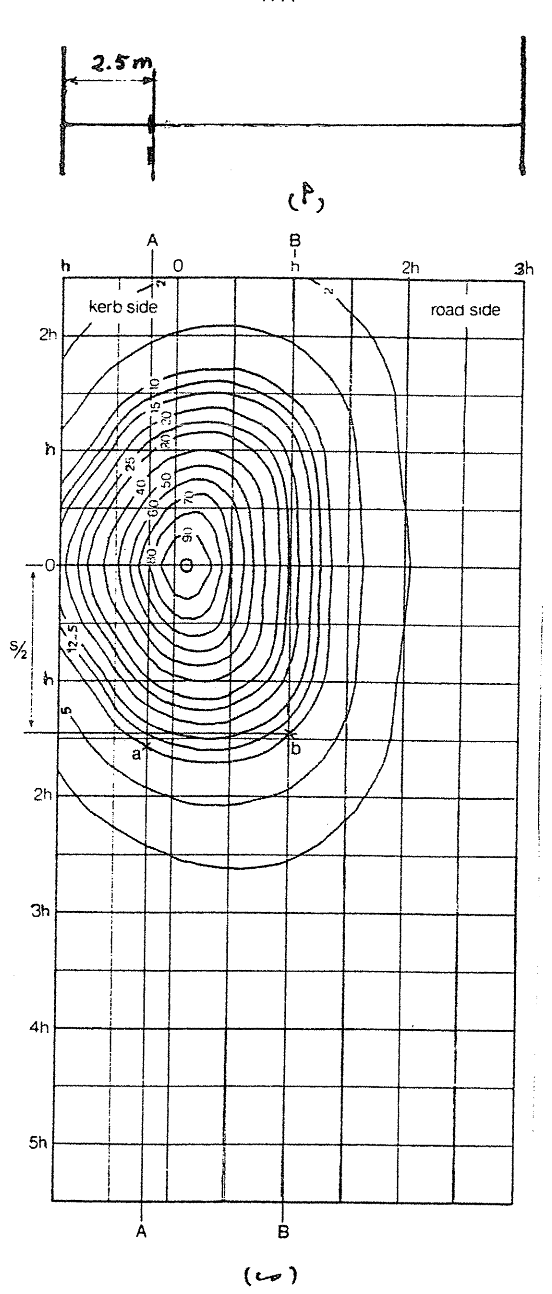
* تسجل النقطتان على المنحنى 10% بالرسم البيانى لخط تساوى الاضاءة بشكل (7-27) ب والمتقاطعان مع الخطين $B\text{-}B$, $A\text{-}A$ وهما النقطتان a, b

وتكون المسافة بين محور العارضة لوسائل الإضاءة إلى أقرب النقطتين (وهى النقطة b) يساوى نصف المسافة بين عمودين S واللازمة للحصول على انتظام على عرض الطريق وعلى ذلك ، فمن شكل (7-27)

$$S/2 = 1.5\ h$$

$$S = 3\ h$$

$$= 30 \text{ meters}$$



شكل (7_27) الرسم البياني لخط تساوى الاضاءة باستخدام
الشكل (7-24) لايجاد المسافة ما بين المحورين

مثال *(3)*

المطلوب ايجاد متوسط شدة الإضاءة فى الجزء الايمن من الطريق ، والمضاء على طريق جانبى بتنظيم مفرد من الجهة اليسرى ، كما فى شكل *(7-28)* وارتفاع عمود الاضاءة *10m* والفيض الضوئى لكل مصباح *40000 lm*

الحل :

يتم اولاً ايجاد قيمة عامل الانتفاع للمرور فى الجزء الايمن من الطريق ، من الشكل *(7-25)*ب

للمسافة من *0* الى *1.25h* فان $\eta_{0 \to 1.25h} = 0.3$

للمسافة من *0* إلى *0.5h* فان $\eta_{0 \to 0.5h} = 0.17$

وعلى ذلك فان عامل الانتفاع للمسافة *0.5h* الى *1.25h* (اى الجانب الايمن من الطريق)

$$\eta_{0.5h \to 1.25h} = 0.3 - 0.17 = 0.13$$

ثم نحسب القيمة المتوسطة لشدة الاضاءة من العلاقة

$$E_{av} = \frac{\eta \, \Phi_L}{WS}$$

حيث :

المسافة بين كل عمودين $S = 30\ m$

عرض الجزء الايمن من الطريق $W = 12.5 - 5 = 7.5\ m$

$$\therefore \quad E_{av} = \frac{0.13 \times 40000}{7.5 \times 30} = 23.1 \qquad Lx$$

مثال *(4)*

اوجد متوسط شدة الاضاءة على الجانب الايمن للطريق والمضاء (بتنظيم مفرد) على الجانب الايمن ايضاً ، كما فى شكل *(7-29)* ، ارتفاع عمود الاضاءة *10m* والفيض الضوئى لكل مصباح *40000 Lm*

الحل :

يتم أولاً ايجاد قيمة عامل الانتفاع من الشكل (7-25) ب

للمسافة من 0 الى $0.25h$ فان $\eta_{0 \to 0.25h} = 0.075$

للمسافة من 0 إلى $0.5h$ فان $\eta_{0 \to 0.5h} = 0.17$

وعلى ذلك فان عامل الانتفاع للجانب الايمن هو

$$\eta = 0.075 + 0.17 = 0.245$$

ثم تحسب متوسط شدة الاضاءة من العلاقة :

$$E_{av} = \frac{\eta \, \Phi_L}{WS}$$

$$= \frac{0.245 \; X \, 40000}{7.5 \; X \, 30} = 43.5 \qquad Lx$$

مثال (5)

اوجد متوسط شدة الاضاءة على الجانب الايمن للطريق فى وجود اضاءة متقابلة على الجانبين كما فى شكل (7-30) ارتفاع العمود $10\ m$ والفيض الضوئى للمصباح $40000\ Lm$

الحل :

باستخدام المثالين $3,4$ فإن شدة الاضاءة الكلية تساوى

$$E_{av} = 23.1 + 43.5$$

$$= 66.6 \qquad Lx$$

مثال (6)

ماهى زاوية الميل τ (inclination angle) والتى يمكن ان تكون احد هذه القيم $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ or 15° والتى يمكن عندها أن نحصل على اقصى متوسط شدة الاضاءة على عرض الطريق ، للطريق الموضح فى شكل (7-31) ، ارتفاع العمود $10\ m$ ويبعد بمسافة $2.5\ m$

الحل :

عند اكبر عامل انتفاع تحدث اكبر شدة اضاءة . ويكون عامل الانتفاع

$$\eta = \eta_{\gamma_1+\tau} + \eta_{\gamma_2-\tau}$$

حيث τ = زاوية الميل

$$\gamma_1 = \tan^{-1} \frac{2.5}{10} = 14^\circ$$

$$\gamma_2 = \tan^{-1} \frac{7.5}{10} = 37^\circ$$

ومن شكل (7-25) جـ فإن :

$For : \tau = 0$

$$\eta = \eta_{14^\circ} + \eta_{37^\circ}$$
$$= 0.08 + 0.23 = 0.31$$

$For : \tau = 5^\circ$

$$\eta = \eta_{19^\circ} + \eta_{32^\circ}$$
$$= 0.11 + 0.21 = 0.32$$

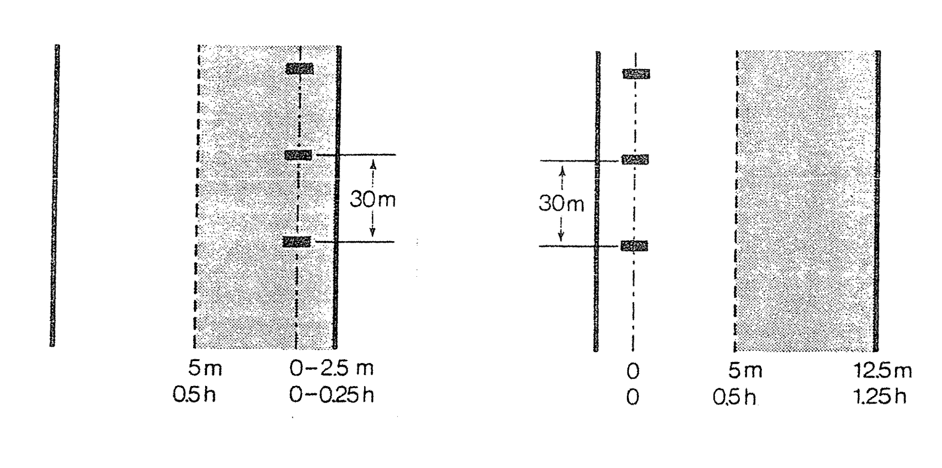
$For : \tau = 10^\circ$

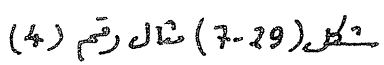
$$\eta = \eta_{24^\circ} + \eta_{27^\circ}$$
$$= 0.13 + 0.18 = 0.31$$

$For : \tau = 15^\circ$

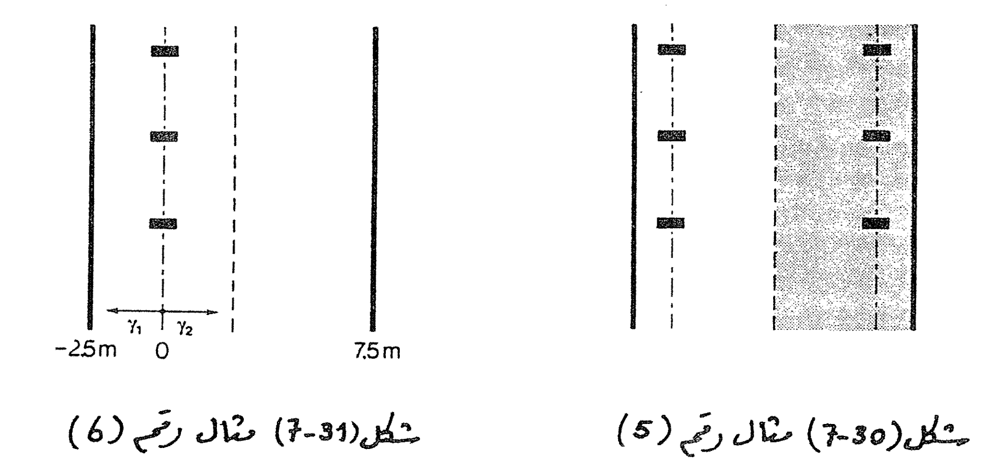
$$\eta = \eta_{29^\circ} + \eta_{22^\circ}$$
$$= 0.14 + 0.14 = 0.28$$

وعلى ذلك نحصل على اقصى متوسط شدة الاضاءة عند زاوية ميل 5°




شكل (7-29) مثال رقم (4)

شكل (7-28) مثال رقم (3)



شكل (7-31) مثال رقم (6)

شكل (7-30) مثال رقم (5)

حساب النصوع *Luminance Calculation*

لحساب نصوع سطح الطريق ، يجب معرفة خصائص الانعكاس للسطح ، ويشار الى خصائص الانعكاس بمعرفة معامل النصوع *(Luminance coefficient)* والذى يرمز له بالرمز q ويعرف بالنسبة بين النصوع وشدة الاضاءة الافقية عند نقطة اى ان

$$q = \frac{L}{E} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7\text{-}6)$$

ويعتمد معامل النصوع على موضع المراقب والمصدر الضوئى بالنسبة لنقطة على سطح الطريق ، اى ان q تعتمد على الزوايا α , B , γ الموضحة فى شكل *(7-32)* ويمكن كتابة q على الصورة

$$q = q\,(\alpha , B , \gamma) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7\text{-}7)$$

حيث

α = زاوية المراقبة *(angle of observation)* ، مقاسة من المحور الافقى

β = الزاوية بين مستوى السقوط ومستوى المراقبة

γ = زاوية السقوط *(angle of incidence)*

للاجزاء الهامة من الطريق بالنسبة لسائق السيارة (من *60* الى *160* متر) فإن الزاوية α تتغير بين $1.5°$ و $0.5°$ وعلى ذلك تؤخذ α بقيمة ثابتة تساوى $1°$ تبعاً للمواصفات القياسية *CIE*

مبين انحناء الانعكاس *Reflection indicatrix*

نحصل على مبين انحناء الانعكاس لسطح الطريق بإجراء القياسات المعملية ، وهذا يستهلك وقتاً طويلاً . وعلى ذلك ، لاجراء حسابات النصوع ، فانه يمكن ايجاد خصائص سطح الطريق بدقة كافية باستخدام قيمتين مقاستين بسهولة ، هما :

– متوسط معامل النصوع q_0

– المعامل المرآوى *(specular factor)* ، *Xp*

تدل القيمة q_0 على مستوى الانعكاس الكلى لسطح الطريق (حجم مبين الانحناء) بينما تدل Xp على درجة المرآوية (اى شكل مبين الانحناء) .

وعند تغير قيمة q_0 فقط ، يتغير حجم مبين الانحناء (او الانحناء) ، ولكن يبقى شكله (وعلى ذلك درجة المرآوية) كما هو .

وعندما يتغير شكل الانحناء فان درجة المرآوية تتغير .

إيماءاً للمواصفات القياسية العالمية CIE المقترحة ، صنفت اسطح الطرق الجافة الى اربعة اصناف تبعاً لقيمة Xp ، كما فى جدول (7-15)

جدول (7-15)

الصنف	حدود X_p	خصائص الانعكاس
RI	$X_p < 0.22$	منتشر
RII	$0.22 \leq X_p < 0.33$	شبه منتشر
RIII	$0.33 \leq X_p < 0.44$	لمعان خفيف
RIV	$0.44 \leq X_p < 0.55$	لامع

احياناً يضاف صنف خامس فى جدول (7-15) وهو الصنف RV وله $Xp \geq 0.5$ وخصائص الانعكاس انه «لامع جداً» وهى حالة نادرة جداً

وتصنف Xp للاسطح القياسية للطرق الى

Class 1 $X_p = 0.18$

Class 2 $X_p = 0.25$

Class 3 $X_p = 0.37$

Class 4 $X_p = 0.49$

ولهذه الاسطح القياسية ، فان q المعطاه تكون للقيمة $q_0 = 1$

النصوع عند نقطة :

يكون النصوع الكلى عند نقطة على سطح الطريق هو مجموع النصوع الجزئى الناتج من وحدة الاضاءة ويتم حساب النصوع الكلى عند نقطة بالمعادلة :

$$L_p = \Sigma \frac{I\gamma c}{h^2} q\,(B\gamma)\cos^3\gamma \;.............\; (7\text{-}8)$$

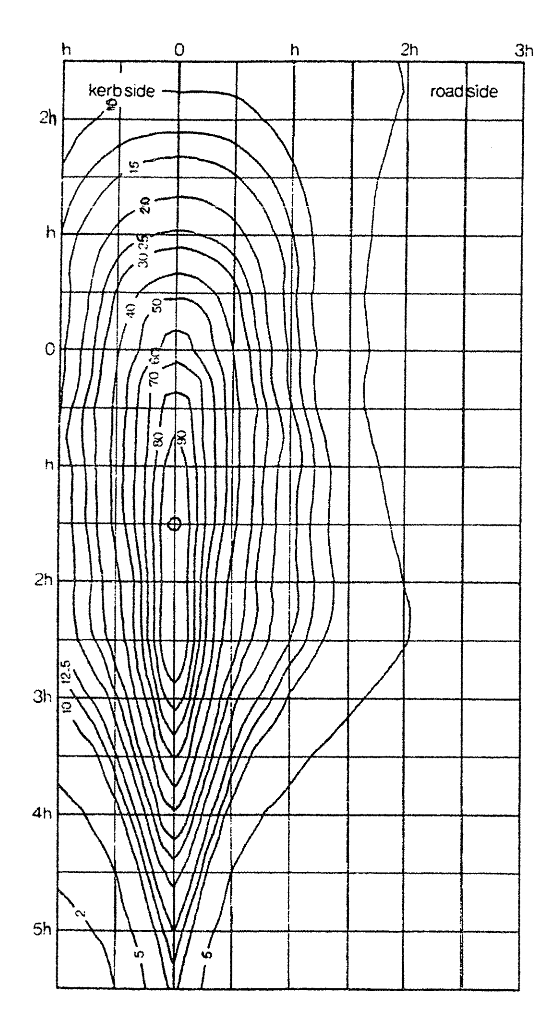
حيث $I_{\gamma c}$ هو شدة الاستضاءة *(Luminous intensity)* فى اتجاه النقطة p وبدلالة الزاويتين γ, c كما فى شكل *(7-32)*

وباستخدام هذه المعادلة ، يمكن حساب قيم النصوع عند النقط المختلفة على سطح الطريق . عند تسجيل هذه القيم على مستوى الطريق وتوصيل النقط التى لها نفس النصوع معاً فان الشكل او المنحنى الناتج يعرف بخط تساوى النصوع *(Isoluminance)* او بمنحنى تساوى وحدة النصوع cd / m^2 *(iso - cd/m2)* وعادة يتم عمل هذه المنحنيات عند معامل نصوع $q_0 = 1$. باستخدام برنامج كمبيوتر فإنه يمكن رسم منحنى تساوى النصوع بطريقة سريعة ودقيقة . ويوضح شكل *(7-33)* منحنى نموذجى لتساوى النصوع ، تم حسابه والمراقب فى المستوى C_0 وعلى مسافة $10h$ من وحدة الاضاءة ، تعتمد طريقة استخدام المنحنيات على وضع (او مكان) المراقب وطبقاً لذلك توجد طريقتين حسب مكان المراقب كالآتى :

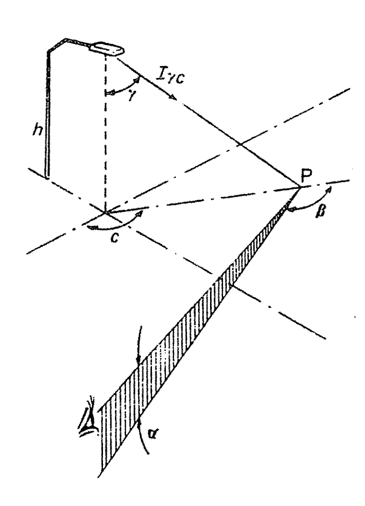
أ - مكان المراقب علي خط في صف وحدات الاضاءة

حيث أن منحنى تساوى النصوع يتحقق للمراقب فى المستوى C_0 ، (على خط فى صف وحدات الاضاءة) فان الطريقة تكون مباشرة ، اولاً ، يرسم مستوى الطريق ويدرج بدلالة ارتفاع عمود الاضاءة . تنقل صورة شفافة من منحنى تساوى النصوع لنوع سطح الطريق ، تحت الدراسة ، وتوضع هذه الصورة فوق مستوى الطريق المدرج وعلى المحور الطولى للطريق ، وتوضع نقطة مركز منحنى تساوى النصوع فوق وضع اسقاط وحدة الاضاءة . ثم يقرأ النصوع النسبى عند النقطة المراد حساب النصوع عندها . فى النهاية تكون القيمة المطلقة للنصوع عند نقطة هى :

$$L_p = \frac{a\,\Phi_L\,q_o}{h^2}\,L_r \;...............\; (7\text{-}9)$$



شكل (33-7) منحنى تساوى النصوع النسبى
(عند L_{max} = 100% لسطح طريق من الصنف R II)



شكل (32-7) تعريف الزوايا الخاصة بحساب النصوع

حيث :

L_r = النصوع النسبى عند نقطة

a = معامل خاص بوحدة الاضاءة ويعطى مع منحنى تساوى النصوع

Φ_L = الفيض الضوئى للمصباح

h = ارتفاع عمود الاضاءة

بتكرار هذه الخطوات لوحدة الاضاءة التالية ، وتجميع النصوع نحصل فى النهاية على النصوع الكلى عند النقطة المراد الحساب عندها .

ب - موضع المراقب خارج صف وحدات الاضاءة

النصوع عند نقطة على الطريق بين المراقب ووحدة الاضاءة لاتعتمد فقط على توزيع الضوء لوحدة الاضاءة ولكن ايضاً على وضع النقطة بالنسبة للمراقب ولوحدة الاضاءة بالمقابل ، فان النصوع عند نقطة على الطريق خلف وحدة الاضاءة ، تعتمد بصورة شبه كلية على توزيع الضوء لوحدة الاضاءة ، وبصورة قليلة جداً على وضع المراقب .

وهذا يعنى ان منحنى تساوى النصوع ، والمحسوب لمراقب فى المستوى C_o يستخدم بنفس الطريقة المذكورة سابقاً لنقطة التأثير خلف وحدة الإضاءة . اما اذا كانت النقطة بين وحدة الاضاءة والمراقب فيجب تدوير منحنى تساوى النصوع بحيث يكون محوره الطولى على الخط المسجل عليه وضع المراقب على مستوى الطريق ، عندئذ نقرأ النصوع النسبى من منحنى تساوى النصوع عند النقطة المراد الحساب عندها ، ونحسب النصوع كما فى الحاله السابقة . ودرجة دقة هذه الطريقة فى حدود $\pm 10\%$ طالما ان منحنى تساوى النصوع لم يدور خلال زاوية اكبر من 5° وهذا يعنى أن المراقب يجب ان يكون فى حدود مسافة $0.875\ h$ من المستوى C_o لوحدة الاضاءة عند مسافة رؤية محددة بقيمة $10h$

ويوضح شكل (7-34) هذه الطريقة ، والتى فيها منحنى تساوى النصوع للوحدتين L_1 , L_2 وتأثيرهما عند النقطة p كما يجب مراعاة الاتجاه السليم لمنحنى تساوى النصوع .

متوسط النصوع *Average Luminance*

يتم حساب متوسط النصوع طبقاً للمعادلة الآتية

$$L_{av} = \frac{\sum L_p}{n} \quad .... (7\text{-}10)$$

حيث :

L_p = النصوع عند كل النقط p

n = عدد النقط المحسوب عندها النصوع

وكلما كان عدد النقط n كبيراً كلما حصلنا على دقة عالية لحساب متوسط النصوع ويتم حساب النصوع باستخدام منحنيات الخضوع للنصوع *(Luminance yield curves)* وهى طريقة سهلة وسريعة لحساب متوسط النصوع لطريق مستقيم بطول لانهائى ولموضع مراقب ثابت ـ من منحنى الخضوع نحصل على عامل النصوع η_L ثم نحسب متوسط النصوع من العلاقة :

$$L_{av} = \eta_L \ q_0 \ \frac{\Phi_L}{WS} \quad .... (7\text{-}11)$$

حيث :

η_L = عامل خضوع النصوع *(Luminance yield factor)*

Φ_L = الفيض الضوئى للمصباح

q_0 = معامل متوسط النصوع

W = عرض الطريق

S = المسافة بين كل عمودى اضاءة

واذا اخذ عامل الاستهلاك *(depreciation factor)* ، والذى يرمز له بالرمز d ، فى الاعتبار فان متوسط النصوع يصبح كالآتى :

$$L_{av} = \eta_L q_0 \ \frac{\Phi_L}{WS\,d} \quad .... (7\text{-}12)$$

ويوضح شكل $(7\text{-}35)$ منحنى خضوع النصوع والذى يعطى كدالة فى المسافة. ويعبر عنها بالارتفاع h. من وحدة الاضاءة الى كلا الجانبين . كل منحنى يتحقق لثلاثة مواضع للمراقب هى A , B , C (والذى يكون وضعه على مسافة $10h$ من وحدة الاضاءة) . هذه المنحنيات متوافرة للاسطح القياسية الاربعة للطرق .

وفيمايلى توضيح للمنحنيات A,B,C :

– المنحنى A

يكون موضع المراقب على جانبى الرصيف *(Kerb side)* عند مسافة h من صف وحدات الاضاءة .

– المنحنى B

يكون موضع المراقب على خط صف وحدات الاضاءة

– المنحنى C

يكون موضع المراقب على جانب الطريق *(Road side)* عند مسافة h من صف وحدات الاضاءة .

فى بعض المراجع يعطى عامل خضوع النصوع بدلالة منحنيات τ حيث

$$\tau = q_0 \, \eta_L \quad \text{.............} \quad (7\text{-}13)$$

مثال (7)

المطلوب ايجاد اقصى واقل نصوع لمساحة من سطح الطريق تقع بين وحدتى اضاءة (L_1 , L_2) كما فى شكل $(7\text{-}36)$ طبقاً للبيانات الفنية التالية :

الفيض الضوئى لكل مصباح = 40000 لومن

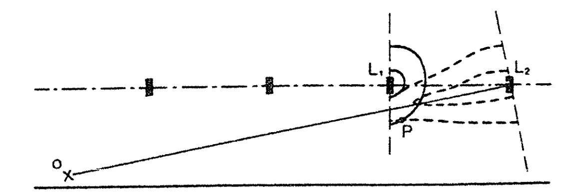
ارتفاع العمود = 10 متر

المسافة بين كل عمودين (L_1 , L_2) = 40 متر

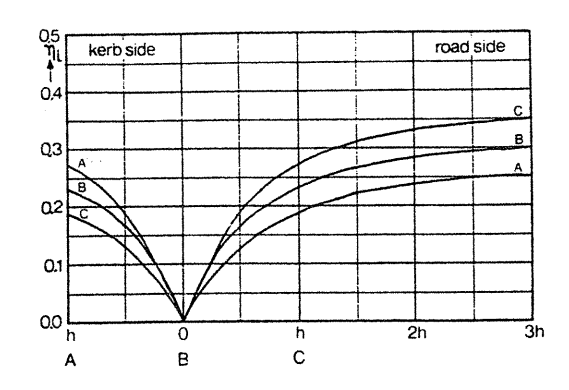
عرض الطريق = 15 متر

المسافة من L_1 وحتى المراقب = 100 متر

سطح الطريق من الصنف *Class II*



شكل (7-34) النصوع عند النقطة P بين وحدتي اضاءة L1 و L2 والمراقب عند النقطة O .



شكل (7-35) منحنيات خضوع النصوع عند ثلاثة مواضع مراقبة هي A, B, C

قيمة $q_0 = 0.1$

$a = 0.104$

الحل :

– ارسم مستوى الطريق بدلالة ارتفاع عمود الاضاءة h وسجل موضع المراقب عليه .

– ضع نقطة مركز منحنى تساوى النصوع فى شكل *(7-33)* على موضع كل من وحدة الاضاءة L_1 , L_2 على التوالى فى شكل *(7-36)* ويكون المحور الطولى موازيا لمحور الطريق . ولوحدة الاضاءة L_1 يكون المنحنى فى اتجاه المراقب .

– يجب التأكد من ان زاوية الدوران لاتزيد عن 5°

– تحدد النقطة A اقصى نصوع والنقطة B اقل نصوع ناتجتين من مشاركة L_1 , L_2 عند النقطة A .

$$L_{L1} = 100\% \text{ of } L_{max}$$

$$L_{L2} = 1\% \text{ of } L_{max}$$

ويكون النصوع الكلى عند النقطة A

$$L_A = L_{L1} + L_{L2} = 101\% \text{ of } L_{max}$$

عد النقطة B

$$L_{L1} = 4\ \% \text{ of } L_{max}$$

$$L_{L2} = 4\% \text{ of } L_{max}$$

ويكون النصوع الكلى عند النقطة B

$$L_B = L_{L1} + L_{L2} = 8\% \text{ of } L_{max}$$

ثم نحسب أقصى نصوع من المعادلة :

$$L_{max} = \frac{a\ \Phi_L\ q_0}{h^2}$$

$$L_{max} = 0.104 \times \frac{40000 \times 0.1}{10^2} = 4.16 \quad cd / m^2$$

$$L_A = \frac{101}{100} \times 4.16 = 4.2 \quad cd / m^2$$ اقصى نصوع

$$L_B = \frac{8}{100} \times 4.16 = 0.33 \quad cd / m^2$$ اقل نصوع

مثال *(8)*

المطلوب أيجاد متوسط نصوع سطح الطريق الموضح بشكل *(7-37)* اذا كان المرور فى الاتجاه الايمن وموضع المراقب ، كما فى الشكل

وباستخدام البيانات الآتية :

الفيض الضوئى لكل مصباح = *20000* لومن

ارتفاع عمود الاضاءة = *10* متر

المسافة بين كل عمودين = *50* متر

عرض الطريق = *6* متر

تصنيف سطح الطريق *Class II*

قيمة q_0 = *0.1*

الحل :

يتم حساب عامل النصوع لكل صف من وحدات الإضاءة كما يلى :

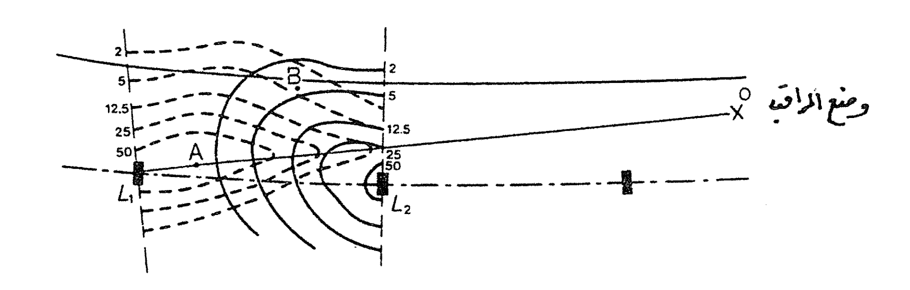
- الجانب الايسر:

مكان المراقب على بعد *10* متر اى *(1h)* من الصف الايمن ، معنى هذا ان تستخدم المنحنى *C* فى شكل *(7-37)* والذى نحصل منه على

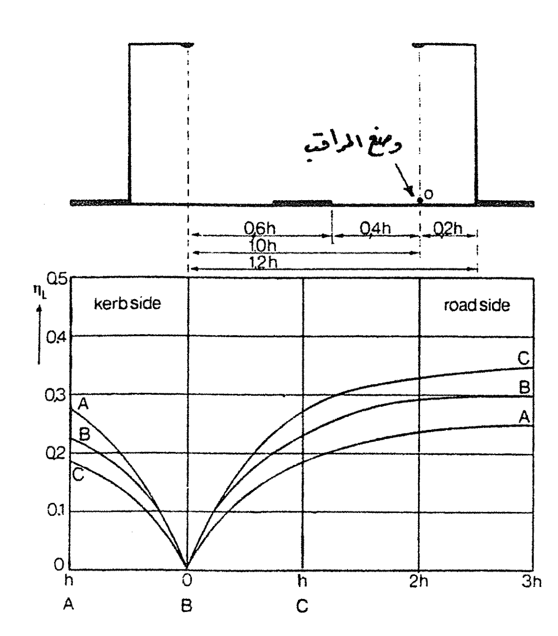
للمسافة من *0* الى *1.2h* فان $\eta_{L(0-1.2h)} = 0.29$

للمسافة من *0* الى *0.6h* فان $\eta_{L(0-0.6h)} = 0.19$

وعلى ذلك فان :



شكل (7-36) حساب أقصى وأدنى نصوع بين وحدتي الاضاءة L_1 و L_2 للمثال رقم (7) .



شكل (7-37) حساب النصوع باستخدام منحنيات خضوع لحل المثال رقم (8) .

للمسافة من $0.6h$ الى $1.2h$ فان $\eta_{L(0.6h-1.2h)} = 0.29 - 0.19$

$= 0.1$

الجانب الايمن

مكان المراقب على خط مع نفس صف وحدات الاضاءة ، معنى هذا ان نستخدم المنحنى B فى شكل $(7-37)$ والذى نحصل منه على :

من جهة الرصيف $\eta_{L(Kerb\ side)} = 0.09$

من جهة الطريق $\eta_{L(Road\ side)} = 0.15$

وعلى ذلك فان

$$\eta_{L(Kerb\ side)} + \eta_{L(road\ side)} = 0.09 + 0.15 = 0.24$$

باستخدام المعادلة :

$$L_{av} = \eta_L\, q_o\ \frac{\Phi_L}{SW}$$

فان للجانب الايسر :

$$L_{av} = 0.1 \times 0.1\ \frac{20000}{50 \times 6} = 0.67 \qquad cd / m^2$$

وللجانب الايمن

$$L_{av} = 0.24 \times 0.1\ \frac{20000}{50 \times 6} = 1.6 \qquad cd / m^2$$

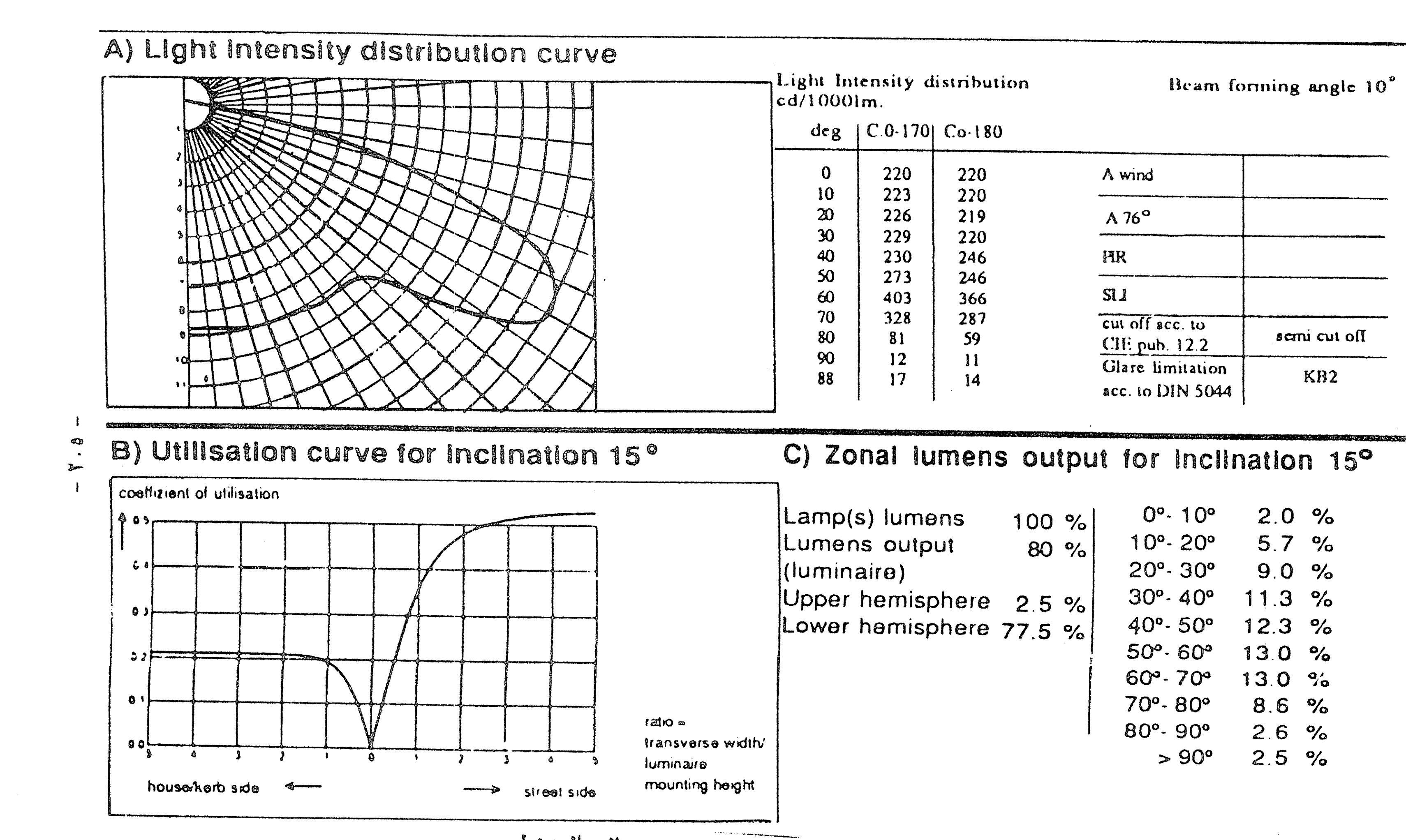
وعلى ذلك فان متوسط النصوع الكلى

$$L_{av} = 0.67 + 1.6 = 2.27 \qquad cd / m^2$$

المواصفات القياسية لوحدات الإضاءة المستخدمة لإضاءة الطرق :

فيما يلى توضيح لبعض المواصفات القياسية لوحدات الاضاءة المستخدمة لاضاءة الطرق.جدول *(7-16)* يستعرض المواصفات القياسية لوحدة اضاءة تحتوى على مصباح زئبق عالى الضغط ـ قدرة المصباح *250w* والفيض الضوئى *13000 lm* وجدول *(7-17)* يوضح المواصفات القياسية لوحدة اضاءة تحتوى على مصباح زئبق عالى الضغط ـ قدرة المصباح *400 w* والفيض الضوئى *22000 lm*

بينما يوضح جدول *(7-18)* المواصفات القياسية لوحدة اضاءة تحتوى على مصباح صوديوم عالى الضغط ـ قدرة المصباح *400 w* والفيض الضوئى *48000 lm*



A) Light intensity distribution curve

Light Intensity distribution cd/1000lm.

Beam forming angle 10°

deg	C.0-170	Co-180
0	220	220
10	223	220
20	226	219
30	229	220
40	230	246
50	273	246
60	403	366
70	328	287
80	81	59
90	12	11
88	17	14

A wind	
A 76°	
HR	
SLI	
cut off acc. to CIE pub. 12.2	semi cut off
Glare limitation acc. to DIN 5044	KB2

B) Utilisation curve for inclination 15°

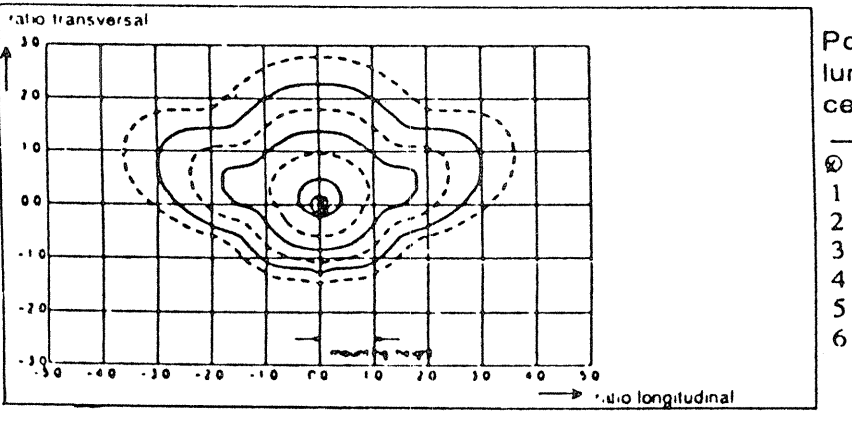
C) Zonal lumens output for inclination 15°

Lamp(s) lumens	100 %
Lumens output (luminaire)	80 %
Upper hemisphere	2.5 %
Lower hemisphere	77.5 %

0°- 10°	2.0 %
10°- 20°	5.7 %
20°- 30°	9.0 %
30°- 40°	11.3 %
40°- 50°	12.3 %
50°- 60°	13.0 %
60°- 70°	13.0 %
70°- 80°	8.6 %
80°- 90°	2.6 %
> 90°	2.5 %

جدول (7-16) المواصفات القياسية لوحدة اضاءة الطرق باستخدام مصباح زئبق عالى الضغط

D) Isolux curve for Inclination 15°



Position of the luminaire in the central crosspoint	Mounting height m	E max 100‰ = 1.0 lx
⊗ 1.0 x E max	7.5	47.8
1 ——— 0.8 x E max	8.0	42.0
2 - - - - 0.4 x E max	8.5	37.2
3 ——— 0.2 x E max	9.0	33.2
4 - - - - 0.1 x E max	9.5	29.8
5 ——— 0.05 x E max	10.0	26.9
6 - - - - 0.025 x E max	11.0	22.2
	12.0	18.7
	14.0	13.7

E) Isocandela diagram for Inclination 15°

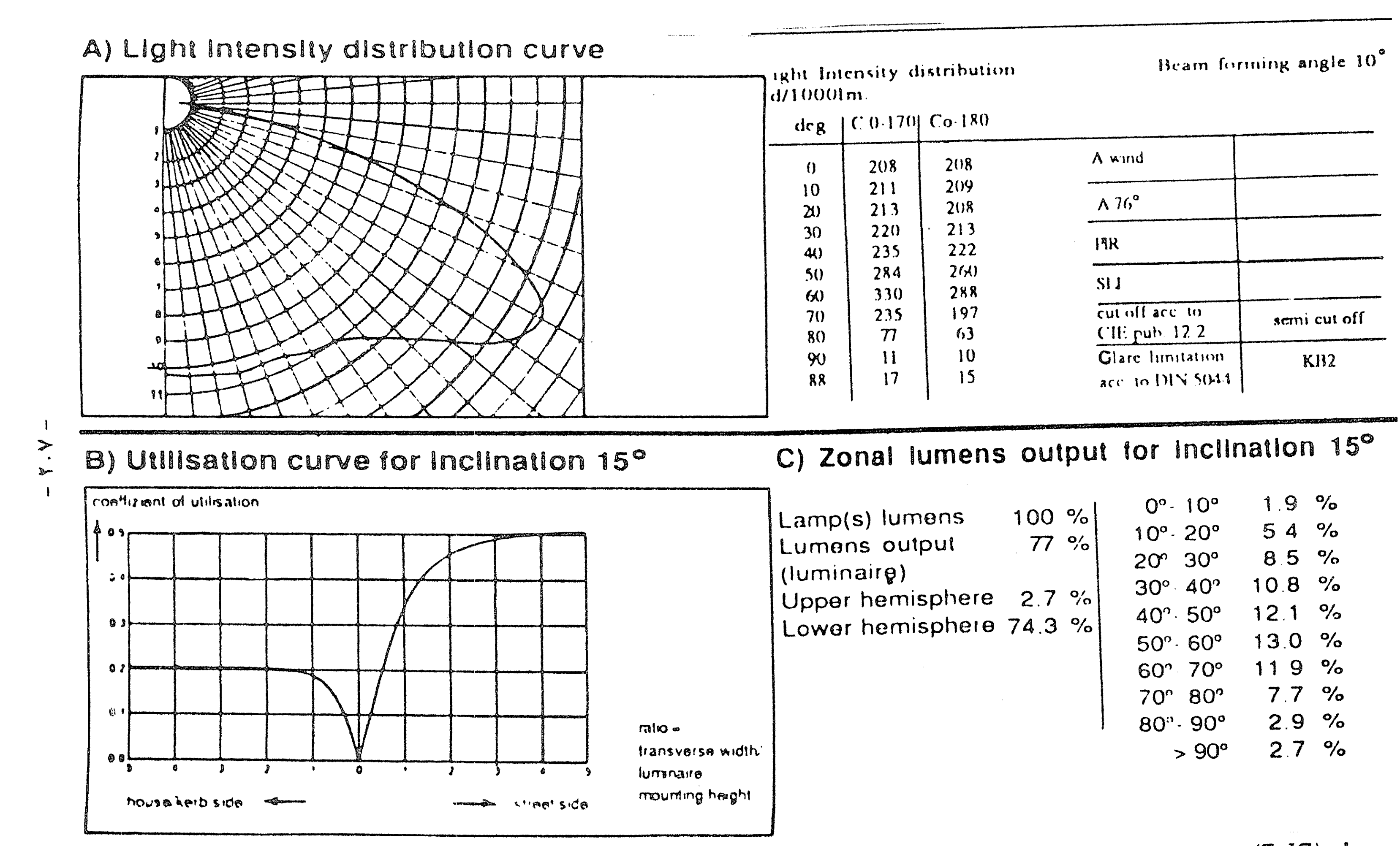
Light intensity values in cd/1000lm

9 ——— 5 cd/1000lm
8 - - - - 10 cd/1000lm
7 ——— 30 cd/1000lm
6 - - - - 50 cd/1000lm
5 ——— 100 cd/1000lm
4 - - - - 200 cd/1000lm
3 ——— 300 cd/1000lm
2 - - - - 400 cd/1000lm
1 ——— 500 cd/1000lm

تابع جدول (7-16)

A) Light intensity distribution curve

B) Utilisation curve for inclination 15°



ight Intensity distribution
d/1000lm.

Beam forming angle 10°

deg	C 0-170	Co-180
0	208	208
10	211	209
20	213	208
30	220	213
40	235	222
50	284	260
60	330	288
70	235	197
80	77	63
90	11	10
88	17	15

A wind	
A 76°	
HR	
SLI	
cut off acc to CIE pub. 12.2	semi cut off
Glare limitation acc to DIN 5044	KB2

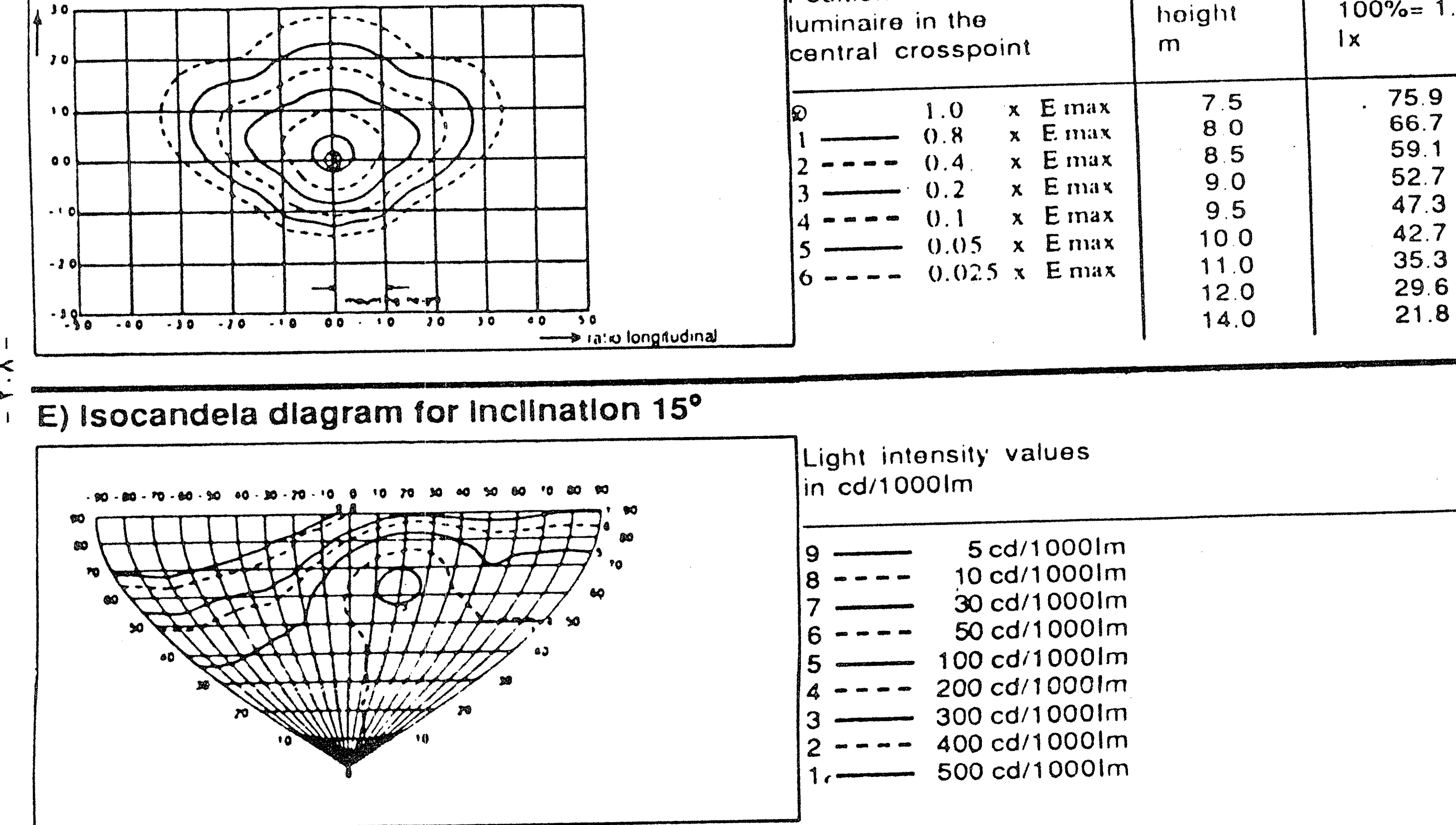
C) Zonal lumens output for inclination 15°

Lamp(s) lumens	100 %
Lumens output (luminaire)	77 %
Upper hemisphere	2.7 %
Lower hemisphere	74.3 %

0°- 10°	1.9 %
10°- 20°	5 4 %
20° 30°	8.5 %
30°- 40°	10.8 %
40°- 50°	12.1 %
50°- 60°	13.0 %
60° 70°	11 9 %
70° 80°	7.7 %
80°- 90°	2.9 %
> 90°	2.7 %

جدول (7-17) المواصفات القياسية لوحدة اضاءة الطرق باستخدام مصباح الزئبق عالى الضغط

D) Isolux curve for Inclination 15°



Position of the luminaire in the central crosspoint	Mounting height m	E max 100%= 1.0 lx
⊗ 1.0 x E max	7.5	75.9
1 ——— 0.8 x E max	8.0	66.7
2 - - - - 0.4 x E max	8.5	59.1
3 ——— 0.2 x E max	9.0	52.7
4 - - - - 0.1 x E max	9.5	47.3
5 ——— 0.05 x E max	10.0	42.7
6 - - - - 0.025 x E max	11.0	35.3
	12.0	29.6
	14.0	21.8

E) Isocandela diagram for Inclination 15°

Light intensity values in cd/1000lm

9 ———	5 cd/1000lm
8 - - - -	10 cd/1000lm
7 ———	30 cd/1000lm
6 - - - -	50 cd/1000lm
5 ———	100 cd/1000lm
4 - - - -	200 cd/1000lm
3 ———	300 cd/1000lm
2 - - - -	400 cd/1000lm
1 ———	500 cd/1000lm

370

تابع جدول (7-17)

A) Light intensity distribution curve

Light Intensity distribution cd/1000lm.

Beam forming angle 12°

deg	C.2-168	Co-180
0	198	198
10	202	201
20	200	196
30	203	199
40	272	263
50	355	324
60	385	350
70	388	365
80	102	93
90	14	17
88	22	25

A wind	
A 76°	
PIR	
SLI	
cut off acc. to CIE pub. 12.2	semi cut off
Glare limitation acc. to DIN 5044	KB2

B) Utilisation curve for inclination 15°

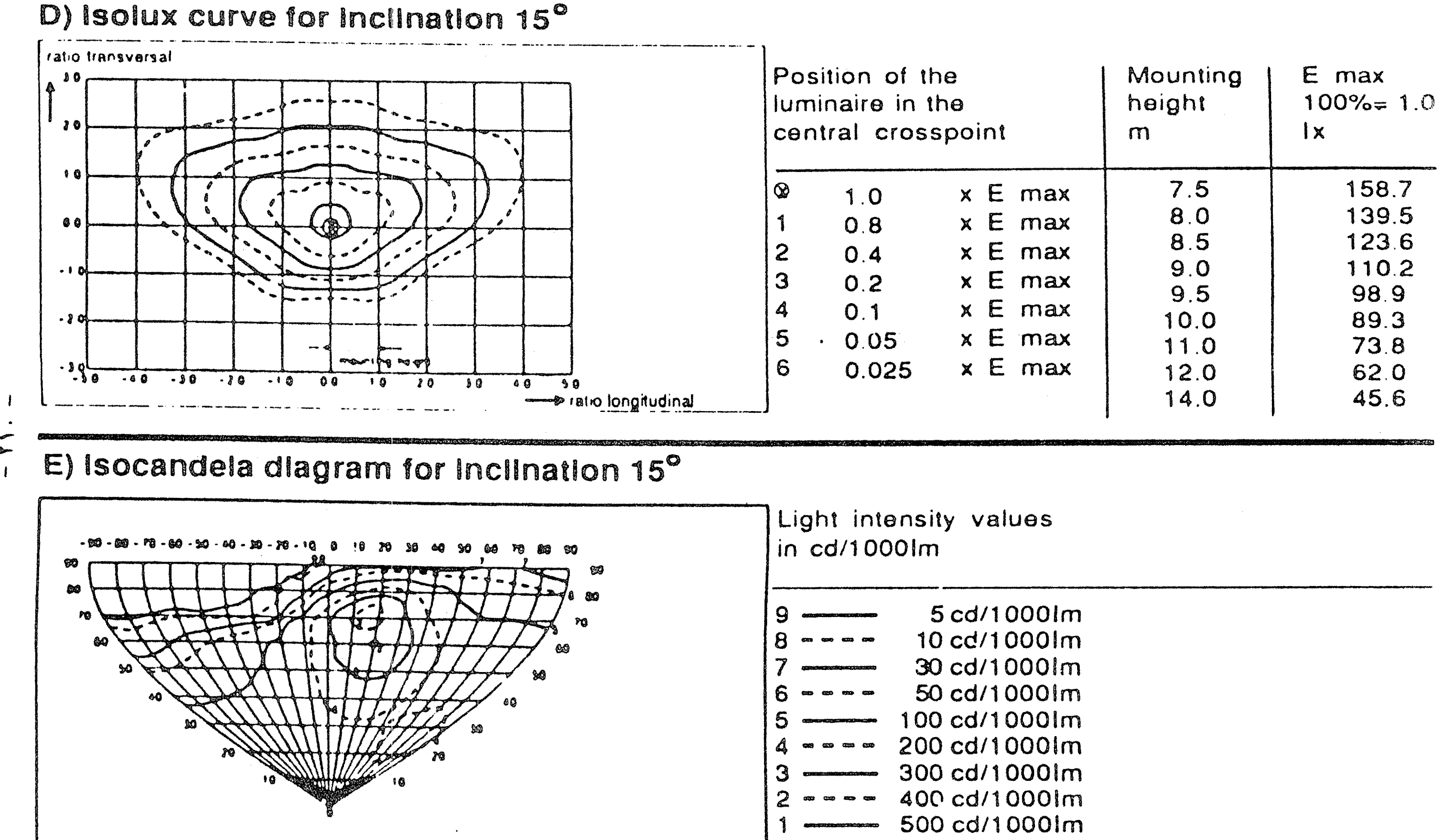
C) Zonal lumens output for inclination 15°

Lamp(s) lumens	100 %
Lumens output (luminaire)	84 %
Upper hemisphere	3.2%
Lower hemisphere	80.8%

0° - 10°	1.8 %
10° - 20°	5.2 %
20° - 30°	8.1 %
30° - 40°	10.5 %
40° - 50°	12.6 %
50° - 60°	14.5 %
60° - 70°	14.1 %
70° - 80°	10.4 %
80° - 90°	3.7 %
> 90°	3 2 %

جدول (7-18) المواصفات القياسية لوحدة اضاءة الطرق باستخدام مصباح صوديوم عالي الضغط

D) Isolux curve for Inclination 15°



Position of the luminaire in the central crosspoint			Mounting height m	E max 100%= 1.0 lx
⊗	1.0	x E max	7.5	158.7
1	0.8	x E max	8.0	139.5
2	0.4	x E max	8.5	123.6
3	0.2	x E max	9.0	110.2
4	0.1	x E max	9.5	98.9
5	0.05	x E max	10.0	89.3
6	0.025	x E max	11.0	73.8
			12.0	62.0
			14.0	45.6

E) Isocandela diagram for Inclination 15°

Light intensity values in cd/1000lm

9 ———	5 cd/1000lm
8 - - - -	10 cd/1000lm
7 ———	30 cd/1000lm
6 - - - -	50 cd/1000lm
5 ———	100 cd/1000lm
4 - - - -	200 cd/1000lm
3 ———	300 cd/1000lm
2 - - - -	400 cd/1000lm
1 ———	500 cd/1000lm

تابع جدول (7-18)

دائرة الوميض *(Flasher Circuit)*

تستخدم دائرة وميض المصابيح المتوهجة لإضاءة اشارات المرور

يوضح شكل *(7-38)* أحد الدوائر شائعة الاستخدام والتى تحتوى على المكونات الآتية :

$R_1 = 750$ *Kohm , 0.5 watt*

$R_2 = 500$ *ohm , 0.5 watt* مقاومة متغيرة (Linear)

$R_3 = 270$ *ohm , 0.5 watt*

$R_4 = 100$ *ohm , 0.5 watt*

$R_5 = 18$ *ohm , 0.5 watt*

$R_6 = 250$ *ohm , 5.0 watt*

$R_7 = 47$ *ohm , 0.5 watt*

$R_8 = 4.7$ *Kohm , 0.5 watt*

$R_9 = 2.2$ *Kohm , 0.5 watt*

$C_1 , C_2 = 0.47$ *MFD , 50 volts*

$C_3 = 2$ *MFD , 100 volts*

$C_4 = 0.22$ *MFD , 50 volts*

$C_5 = 50$ *MFD , 50 volts*

CR_1 , CR_2 *rectifier*

SCR Silicon control reclifier (Thyristor)

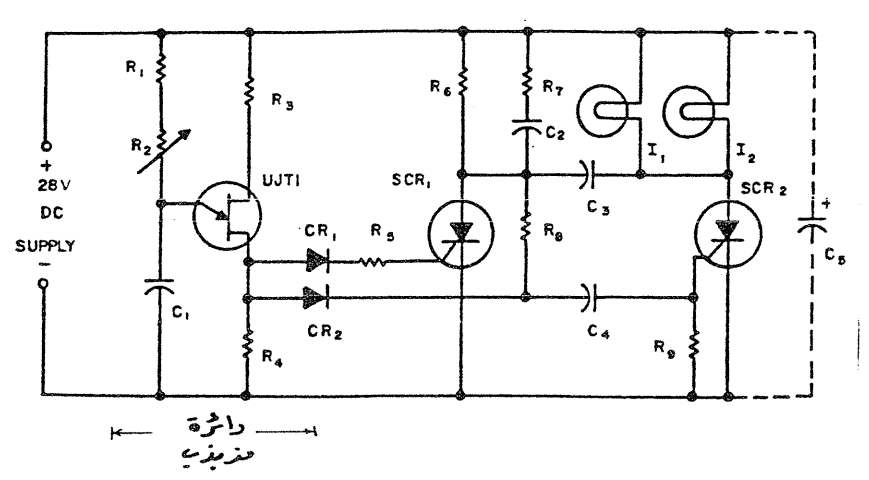
UJT Unijunction transistor

هذه الدائرة تعمل على تشغيل حمل مصباح حتى *3* أمبير لمصدر جهد فى حدود من *17* إلى *35* فولت. وحدود درجة حرارة من $-50\ C^\circ$ الى $100\ C^\circ$. تتعاقب حالة التوصيل *(conduct)* للثيريزتورات والتى تحصل على اشارات الاطلاق *(trigger)* عن طريق دائرة مذبذب *(Oscillator circuit)* (والتى تتكون من *UJT* ومقاومة

ومكثف) . ونحصل على تردد هذه الدائرة من ثابت الزمن $(R_1 + R_2)\ C_1$ والذى يمكن ضبطه عند القيمة المطلوبة عن طريق المقاومة المتغيرة R_2 اذا كان الثيريزتور SCR_1 فى حالة فصل *(OFF)* فانه عند وصول اول نبضه اطلاق يتحول الى حالة القفل *(ON)* بينما لايتحول الثيريزتور SCR_2 الى حالة القفل *(ON)* حتى ينعكس حياز الديود CR_2 بقيمة الجهد *28V* تقريباً ، وبذلك يمنع نبضة الاطلاق عن بوابة الثيريزتور SCR_2 . اذا كان الثيريزتور SCR_1 فى حالة قفل *(ON)* فينعكس حياز الديود CR_2 بقيمة جهد تقل عن *1V* وبذلك تصبح نبضة الاطلاق قادرة على اشعال الثيريزتور SCR_2 والذى يحول الثيريزتور SCR_1 الى حالة الفصل *(OFF)* خلال عمل مكثف التوحيد C_3 *(Commutating capacitor)* . وفى هذه الحالة يمكن حدوث اطلاق للثيريزتورين $SCR_2,\ SCR_1$ فى نفس الوقت ، وبذلك يكون ثابت الزمن R_6C_3 اكبر كثيراً من عرض نبضة الاطلاق لكى يظل الثيريزتور SCR_1 حياز عكسى بعد انتهاء نبضة الاطلاق .

تستخدم المقاومة R_7 والمكثف C_2 فى دائرة آنود الثيريزتور SCR_1 لامداد تيار عالى للثيريزتور SCR_1 خلال مرحلة التوحيد لكى تمنع الثيريزتور SCR_1 للتحويل الغير سليم لحالة الفصل *(OFF)* نتيجة تأثير ممانعة مصدر التغذية .

لقيم الجهود الاعلى لمصدر التغذية او للترددات الاعلى فإنه يتم إضافة زنير ديود *(Zener diode)* ومقاومة لتجهيز جهد الحياز للترانزستور احادى الوصلة *(UJT)* وعموماً ، هذه الدائرة تشغل المصابيح عند *50%* دورة تشغيل . فى حالة الاحتياج لتغير فترة دورة التشغيل فإنه يتم إضافة مقاومة مناسبة القيمة بين باعث *(emitter)* الترانزستور احادى الوصلة *(UJT)* وآنود *(Anode)* احد الثيريزتورين . ويمكن اضافة دائرة تأخر زمنى للدائرة السابقة اذا كان مطلوب ضبط مستقل لزمن القفل *(ON)* والفصل *(OFF)* للحمل .



شكل (7-38) دائرة الوميض المستخدمة في اشارات المرور باستعمال المصابيح المتوهجة .

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

الباب الثامن

تصميم تركيبات الإضاءة

Design of Lighting Installations

عند التخطيط لتصميم تركيبات الإضاءة ، يؤخذ فى الاعتبار العوامل الآتية :

- مستوى شدة الإضاءة .
- التوزيع المكانى (الفضائى) للضوء .
- دليل امانة نقل الالوان المطلوب ولون الضوء .
- اختيار انواع مصادر الضوء وطرق تثبيتها وتركيبها .

وفيما يلى توضيح لبعض النقاط الهامة والعوامل المؤثرة والقيم الاسترشادية لتصميمات الاضاءة :

أولاً : مستوي شدة الإضاءة *(Level of Illumination)*

تقاس شدة الإضاءة عند سطح الشغلة (الطاولة) ، والممثلة بسطح افقى يرتفع 85 سم فوق مستوى الارض . يعتمد مستوى شدة الإضاءة المطلوب لاى هدف مرئى خاص على العوامل الآتية :

أ – نوع العمل

والذى يمكن ان يكون : دقيق ـ بسيط ـ عادى ...

ب – فترة العمل

اذا كان عدد ساعات العمل طويلة فى ضوء اصطناعى فالمطلوب مستوى شدة اضاءة عالى للوصول لكفاءة عمل عالية .

جـ – جودة الانتاج المطلوب

للوصول الى جودة انتاج عالية يلزم شدة اضاءة كافية .

ء – متوسط عمر مجموعة العمل او الاشخاص الذى يتم تصميم الاضاءة لهم .

عموماً يلاحظ فى وقت الظهيرة ان شدة الاضاءة للشمس تكون حوالى

$120,000 lm/m^2$ وتنشر ضوء النهار بالقرب من النوافذ بقيمة $600\ lm/m2$ (يلاحظ الاختلاف الكبير جداً فى القيمة) ، بينما يعطى ضوء القمر الكامل من $0.1\ lm/m^2$ الى $0.3\ lm/m^2$ وعند القراءة يحتاج الشخص ، على الاقل ، الى قيمة من $20\ lm/m^2$ الى $30\ lm/m^2$ وبذلك تكون شدة الاضاءة لضوء النهار عالية جداً ، بعض الاشخاص يمكنهم القراءة بدون عناء فى ضوء خافت جداً وهو حوالى $3\ lm/m^2$ ، بمعنى آخر انه من الصعوبة جداً تحديد قيمة شدة الاضاءة المطلوبة للاغراض المختلفة بدرجة دقة عالية ، ولكن توجد قيم للاسترشاد فقط .ومن المعلوم ان الاشخاص الاكبر سناً يحتاجون الى اضاءة اكثر من الاشخاص صغار السن عند نفس الهدف الابصارى *(visual task)* ويوضح شكل *(8-1)* العلاقة بين العمر واقصى ضوء نموذجى مطلوب لقراءة كتابة واضحة (هدف ابصارى محدد) ، فمثلاً :

- يحتاج شخص عمره *60* عاماً لضوء يساوى خمسة امثال مايحتاجه شخص عمره *40* عاماً

- يحتاج شخص عمره *50* عاماً لضوء يساوى ضعف مايحتاجه شخص عمره *40* عاماً

- يحتاج الاشخاص ذات الاعمار *30,20,10* اعواماً لضوء يساوى *1/3 , 1/2 , 2/3* على التوالى ، مما يحتاجه شخص عمره *40* عاماً .

يوضح جدول *(8-1)* أقصى شدة اضاءة نموذجية ضرورية لازمة لامكانية القراءة الجيدة وبدون اى اجهاد للعين ، عند اعمار مختلفة .

جدول *(8-1)*

شدة الإضاءة Lux ($1\ lm/m^2$)	العمر Year
175	10
500	40
2500	60

وكما ذكر سابقاً فان قيم شدة الاضاءة ستذكر للاسترشاد فقط ، لان القيم المذكورة هى القيم القصوى النموذجية ويمكن ان تنخفض هذه القيم تبعاً للدراسات الاقتصادية ، وفيما يلى بعض الجداول التى تعرضت لقيم شدة الإضاءة :

أ – يوضح شكل *(8-2)* مستوى شدة الاضاءة المطلوب تبعاً لحجم المكان المراد الرؤية به والمصنف الى *6* انواع تبدأ من الحجم الصغير وحتى الكبير ... وتصنف شدة الإضاءة الى ثلاثة اصناف هى : تباين جيد *(A)* ، تباين متوسط *(B)* ، تباين سئ *(C)*

ب – تحدد شدة الاضاءة تبعاً لطبيعة العمل والمكان كما فى جدول *(8-2)*

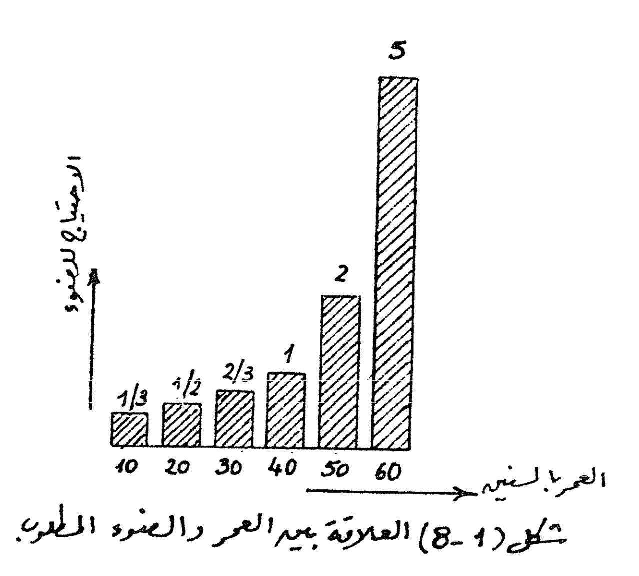
جـ – تحدد شدة الاضاءة تبعاً للمكان المركب به مصادر الإضاءة كما فى جدول *(8-3)*

ء – تحدد شدة الاضاءة تبعاً للغرض من الاضاءة كما فى جدول *(8-4)*

هـ – تحدد شدة الإضاءة تبعاً للغرض والمكان كما فى شكل *(8-3)*

وتوضح الجداول من *(8-5)* إلى *(8-11)* توصيات شدة الإضاءة فى :

– المدارس
– الفنادق
– المحلات
– ورش النجارة
– مصانع ملابس
– مصانع جلود
– مصانع الحديد والصلب



شكل (8-1) العلاقة بين العمر والضوء المطلوب

شدة الإضاءة (لومن/قدم مربع)

التباين

جيد | متوسط | سيء

الحجم الظاهري

1 MINUTE

2 VERY SMALL

3 SMALL

4 FAIRLY SMALL

5 ORDINARY

6 LARGE

A: 100, 70, 50, 30, 20, 15, 10, 7, 5, 3, 2, 1.5, 1

B: 300, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 15, 10, 7, 5, 3

C: 1000, 700, 500, 300, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 15, 10

شكل (8-2) مستوى شدة الإضاءة المطلوب تبعا لحجم المكان المراد الرؤية به

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

جدول (8-2)

الغرض والمكان	شدة الإضاءة (lm/m ^{2} or lux)	شدة الإضاءة (lm/ft ^{2} or fc)
الاعمال الدقيقة ، شاشات العرض ، الاعمال التى تحتاج تميز سريع	> 500	> 50
آلات الاعمال الدقيقة مثل الات الخياطة ، اعمال الحفر والنقش الدقيقة ، اعمال التفتيش للمهمات الدقيقة والتى لها تباين منخفض	200-500	20-50
مراجعة الاصول ، الرسومات ، القراءة المستمرة ، التجميع الدقيق ، المشغولات التى تحتاج مهارات عالية .	100-200	10-20
مكاتب الرسم ، المعارض الفنية ، القراءة العادية	60-100	6-10
فى المسارح ، الاعمال التى لاتحتاج درجة دقة عالية مثل عمليات الحدادة والثقب .	40-60	4-6
حجرات النوم ، حجرات الانتظار ، الاضاءة العامة بالمصانع .	20-40	2-4
ساحات المستشفيات ، ارصفة السكة الحديدية او الممرات	5-10	0.5-1

جدول *(3-8)*

	المكـــــــان	شدة الإضاءة *Lux*
اماكن الاعاشة	– حجرات الاعاشة	
	استخدام عام	*150*
	تستخدم للقراءة والكتابة	*500-1000*
	– المطابخ ، حجرات النوم ، السلم ، دورات المياه	
	استخدام عام	*150*
	اضاءة موضعية لموقد ، لقراءة	*250-500*
المدارس	– حضانة الاطفال	*150*
	– المدارس الاخرى ، حجرات الدراسة	*250-500*
	– حجرات الرسم	*500-1000*
المستشفيات	– اماكن عامة	*150*
	– اماكن العمل	*500-1000*
	– اماكن العمليات	*20000-40000*
	– اماكن إستعراض العمليات	*500-1000*
المكاتب	– مكاتب الرسم	
	حجرة الخرائط	*>2000*
	حجرة الرسم المعمارى الهندسى	*1000-2000*
	حجرة الرسم التخطيطى	*500-1000*
	– حجرات الاجتماعات	*250-500*
	– حجرة الآلة الكاتبة	*500-1000*
	– اعمال النسخ	*250-500*
المتاجر	– متاجر بين محلات متعددة	*500-1000*
	– فترينات عرض	*1000-2000*
	– الاماكن الاخرى داخل المتاجر	*250-500*
الفنادق/المطاعم	– اماكن عامة ، دورات المياه ، السلم ، حجرة الاجتماع	*150*
	– البار ، المطعم ، قاعة الانتظار	*150*
	– حجرات النوم	*150*
	– طاولة الكتابة ، اماكن التزين	*250-500*

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

تابع جدول (3-8)

	المكـــــان	شدة الإضاءة Lux
المصانع/الورش	– الاعمال الميكانيكية ، البرادة	250-500
	– التشغيل الدقيق بالماكينات	500-1000
	– التشغيل الدقيق جداً بالماكينات مثل التلميع	1000-2000
	– اللحام	
	عام	250-500
	اضاءة مكملة لاعمال لحام القوس الدقيقة	>2000
	– اشغال الخشب	
	عام ، التشغيل بالماكينات ، المنشار ..	150
	قشط ، سنفرة خشنة ، تغرية	250-500
	التشغيل الدقيق بالماكينات ، سنفرة ناعمة ، تشطيب	500-1000
	– مصانع النسيج	
	عام ، خلط وتصنيف البالات	150
	تسريح الغزل ، الرسم ، اللف على البكرات	250-500
	التفتيش على النسيج	500-1000
محطات القدرة	– الغلايات ، حجرة التربينة ، معالجة المياه	150
	– حجرة التحكم الكبيرة	500-1000
	– حجرات التحكم الصغيرة البسيطة	250-500
اماكن التخزين	– الاماكن الممتلئة وغير الممتلئه	20-40
	– المخازن العامة (استعمال غير متكرر)	50-100
	– مخازن المصانع لتخزين اشياء صغيرة (استخدام متكرر)	100-200
	– مخازن المصانع لتخزين اشياء دقيقة جداً (استخدام متكرر)	200-400
اضاءة المعاينة او البحـــث	التفتيش	5-10
الانفـــــاق	– اضاءة فترة النهار	100-200
	– اضاءة المدخل (البوابة)	1000-2000

تابع جدول *(8-3)*

المكـــــــان		شدة الإضاءة *Lux*
فناء السكة الحديد	مزدحم	*10-20*
	غير مزدحم	*5-10*
الملاعـــب	ملعب مدرج	*200-400*
	ملعب كرة القدم	*100-200*
	ملعب الهوكى	*150-400*
	ملعب التنس	*250-500*
مخزن الاطعمة		*150-300*

جدول *(8-4)*

الـغـــــــرض	شدة الإضاءة *Lux*
اقل حيز عمل ممكن	*150*
الاعمال الخشنة (الهدف البصرى بسيط ومتغير)	*250-500*
اعمال عادية (مراقبة مستمرة لبيانات متوسطة الدقة)	*500-1000*
اعمال دقيقة (اهداف بصرية دقيقة ومستمرة مثل اعمال الرسم)	*1000-2000*
اعمال دقيقة جداً (مثل اصلاح الساعات)	*> 2000*

LIGHTING FOR SEEING —— SELLING —— PRODUCTION						
Offices Schools	CONFERENCE RECEPTION AUDITORIUMS CAFETERIAS	CLASSROOMS CASUAL DESK WORK FILING LIBRARIES	BOOKEEPING ACCOUNTING STENOGRAPHIC SIGHT SAVING CRITICAL DESK WORK	DRAFTING BUSINESS MACHINES	COLOR WORK	
Stores	STOCK-ROOMS	CIRCULATION AREAS	GENERAL MERCHANDISING	SHOW WINDOWS OPEN COUNTER DISPLAY SHOWCASES WALL CASES	SHOW WINDOWS FEATURE DISPLAYS	SHOW WINDOWS SPOTLIGHTING FEATURE DISPLAYS
Industrial	LOADING PACKING SHIPPING WASH-ROOMS	ROUGH WORK PRESSING SHEARING GENERAL PROCESSING WOODWORKING FOUNDRY WORK	GENERAL FABRICATION & ASSEMBLY SEWING SPRAY PAINTING TYPESETTING AUTOMATIC MACHINING	PROOF-READING MACHINING INSPECTION FINE ASSEMBLY	COLOR INSPECTION FINE INSPECTION EXTRA FINE ASSEMBLY	COLOR IDENTIFICATION
	10-20 10	15-35 20	35-70 50	70-150 100	150-300 200	300-750 500

General lighting ←→ Supplementary lighting

اضاءة عامة — اضاءة مكملة أو ملحقة

شكل (3-8) توصيات بقيم مستويات شدة الاضاءة تبعا للأغراض والأماكن المختلفة (بوحدات قدم شمعة (fc))

جدول (8-5) توصيات شدة الاضاءة فى المدارس

التوصيـــــــف	شدة الإضاءة *Lux*
فصل دراسى	*300 - 500*
فصل الحرف اليدوية	*500 - 1000*
المكتبات (الاضاءة الموضعية)	*500 - 1000*
سبورة	*300 - 500 (vertical)*
صالة العرض	
– فى حالة استخدامها للعرض	*50 - 150*
– فى حالة استخدامها لاغراض اخرى.	*300 - 500*

جدول (8-6) توصيات شدة الاضاءة فى الفنادق

التوصيـــــــف	شدة الإضاءة *Lux*
صالة الاستقبال (المدخل)	*100 - 200*
حجرات الطعام	*100 - 200*
المطبخ	*200 - 1000*
باقى الاماكن	*100 - 200*

جدول (8-7) توصيات شدة الاضاءة الداخلية للمحلات

التوصيـــــــــف	شدة الإضاءة Lux	
	مركز بيع كبير	محلات البيع الاخرى
داخل المحلات		
– الاضاءة العامة	500 - 1000	300 - 500
– اضاءة اماكن هامة يراد لفت النظر عندها	1500 - 3000	750 - 1500
فاترينات العرض		
– الاضاءة العامة	1000-2000	500-1000
– اضاءة اجزاء هامة يراد لفت النظر عندها	5000-10000	3000-5000

جدول (8-8) توصيات شدة الاضاءة بورش النجارة والمفروشات

التوصيـــــــــف	شدة الإضاءة Lux
طاولة تقسيم وتفصيل الخشب	200 - 500
طاولة عمليات التجميع	200 - 500
طاولة تشطيب العمل	500 - 1000

جدول (8-9) توصيات شدة الاضاءة لمصانع الملابس

التوصيـــــــــف	شدة الإضاءة Lux
صالة الخياطة	2000-5000
صالة الفحص والتفتيش	2000-5000
صالة الكبس والفرد	1000-2000

جدول (8-10) مصانع الجلد

التوصيــــــــف	شدة الإضاءة Lux
صالة النظافة والدباغة	200-500
صالة التحضير / البطانة / التلميع	1000-2000
صالة تجهيزات الخياطة / التوافق	2000-5000

جدول (8-11) مصانع الحديد والصلب

التوصيــــــــف	شدة الإضاءة Lux
عنبر الانتاج الآلى	50-100
العنبر المؤقت لتداخل الانتاج	50-100
العنبر الدائم للانتاج	200-500
عنبر التحكم والاختبارات والتفتيش	500-1000

ثانياً : التوزيع المكاني للضوء *Spatial Distribution of Light*

الغرض من التوزيع المكانى الجيد هو الحصول على إضاءة كافية بدون الاحساس بعدم الراحة او الاحساس بالبهر *(glare)* وهذا يعتمد على :

- مصدر الاضاءة
- نوع وطريقة التثبيت *Fitting*
- موضع التركيب

فى حالة الاضاءة لغرض القراءة والكتابة ، فيجب ان يكون الاتجاه الرئيسى لسقوط الضوء بزاوية °30 يسار المحور الرأسى .

ايضاً يجب الا تتعرض العين للتغير المفاجئ والكبير فى مستوى شدة الاضاءة ، فى حدود المجال المرئى ، حيث ان العين تحتاج لفترة زمنية لضبط نفسها عند تغير شدة الاضاءة من مستوى الى آخر ، خاصة اذا تغير من مستوى عالى الى اخر منخفض .

للحصول على حالات عمل مريحه ، فيجب الا يتعدى تباين *(contrast)* نصوع المجال المرئى النسب الآتية :

أ - بين الهدف المرئى ومستوى العمل *3:1*

ب- بين الهدف المرئى والجهات المحيطة *10:1*

جـ - بين مصدر الضوء والخلفية *20:1*

ء - اكبر اختلاف اضاءة فى المجال المرئى *40:1*

وعلى ذلك تكون نسبة النصوع المرغوبة بين الهدف المرئى والخلفية المباشرة والبيئة العامة هى *5:2:1* بينما تؤخذ النسبة *10:3:1* للحدود الخارجية .

ويمكن التغلب على الاحساس بعدم الراحة الناتج من البهر بالوسائل الآتية :

1- حجز مصادر الضوء للامتداد الكافى .

2- ان يكون تباين مصدر الضوء قريباً جداً من تباين الخلفية ، بان يكون الضوء ملون للحوائط والاسقف .

3 - وضع مصادر الضوء خارج المجال المرئى كلما امكن ذلك .

4 - التأكد من التوزيع المناسب للنصوع .

5 - اختيار نظام الالوان المناسب .

6 - يكون سطح طاولة العمل غير لامع ، وتجنب استخدام العواكس القوية مثل الواح الزجاج .

ثالثاً : نظم الاضاءة *Lighting systems*

تصنف نظم الاضاءة الى

1 - إضاءة مباشرة *(Direct Lighting)*

هو السقوط المباشر للفيض على سطح طاولة العمل ، كما فى شكل *(8-4)* أ

2 – الاضاءة غير المباشرة *(Indirect Lighting)*

هو اسقاط الضوء الى اعلى ثم انعكاسه الى اسفل على سطح طاولة العمل ، كما فى شكل *(8-4)* ب .

3 – الاضاءة المخلوطة *(Mixed Lighting)*

وهو الجمع بين حالتى الإضاءة المباشرة والإضاءة غير المباشرة ، كما فى شكل *(8-4)* جـ .

ويوضح جدول *(8-12)* نظم الإضاءة المختلفة ونسبة الضوء المتجه الى اسفل والى اعلى .

جدول *(8-12)* نظم الإضاءة

النظـــــام	نسبة المتجه إلى اسفل	نسبة المتجه إلى اعلى
١ – مباشر	*90-100%*	*0-10%*
٢ – شبه مباشر	*60-90%*	*10-40%*
٣– انتشار عام	*~ 50%*	*~ 50%*
٤– انتشار مخلوط	*40-60%*	*40-60%*
٥– شبه غير مباشر	*10-40%*	*60-90%*
٦– غير مباشر	*0-10%*	*90-100%*

إختيار المصابيح *(Selection of Lamps)*

يتم إختيار المصابيح تبعاً لطبيعة النشاط ، ويوضح جدول *(8-13)* جدول للاسترشاد به لاختيار المصابيح تبعاً لمكان التركيب .

جدول *(8-13)*

نـوع المصبـاح	المكـــان
المصابيح المتوهجة المصابيح الفلورسنت	المنازل / المكاتب / المصانع
مصابيح بخار الزئبق عالى الضغط	اماكن الانتظار/ اعمال الإنشاءات / إضاءة الطرق / ارصفة السكك الحديدية/ اماكن الشحن/ ارصفة رسو السفن / المصانع
مصابيح بخار الصوديوم	الطريق السريع / ارصفة السكك الحديدية / اماكن الانتظار

الفيض الضوئي الفعال *(Effective Luminous Flux)*

يوضح شكل *(8-5)* توزيع الفيض الضوئى بحجرة . ويطلق على الفيض الضوئى الساقط على مساحة سطح الشعلة بالفيض الضوئى الفعال ويرمز له بالرموز Fn ويضئ الجزء الباقى الحوائط والاسقف ويمتص جزئياً بواسطة التركيبات .

عامل الانتفاع *(Utilization Factor)*

عامل الانتفاع هو النسبة بين الفيض الضوئى الفعال والفيض الضوئى الكلى ويكون اقل من الواحد الصحيح

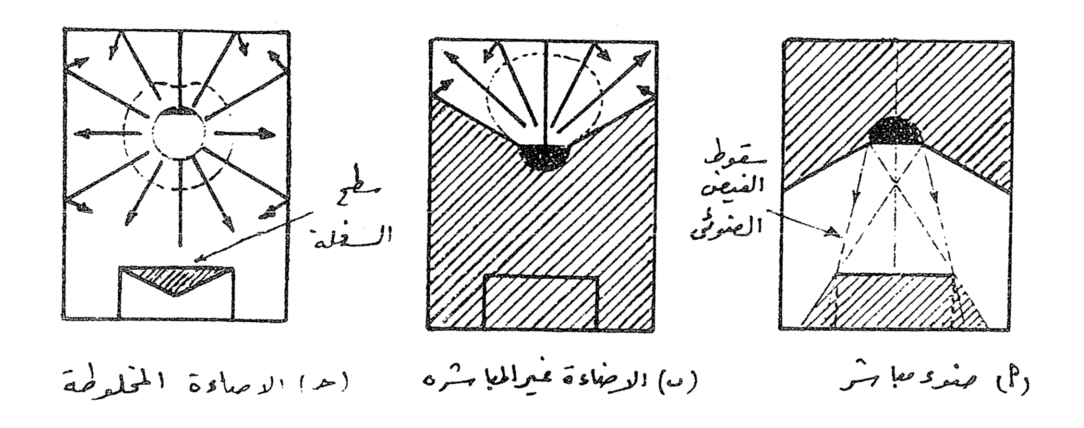
$$\text{عامل الانتفاع} = \eta = \frac{F_n}{F}$$

حيث :

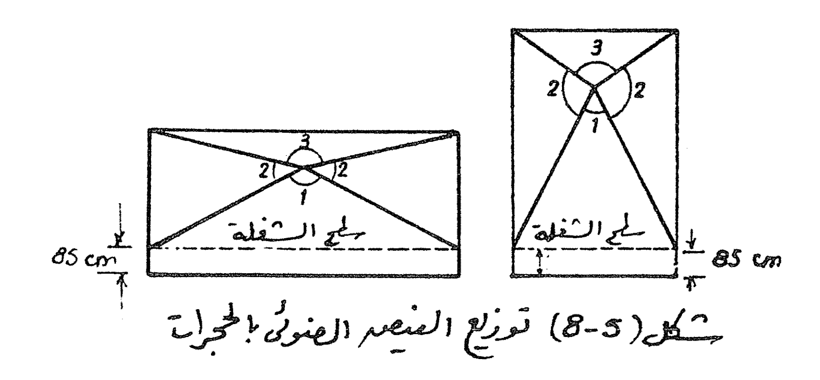
η = عامل الانتفاع

F_n = الفيض الضوئى الفعال

F = الفيض الضوئى الكلى لجميع مصادر الاضاءة الموجودة



شكل (8-4) نظم الاضاءة المختلفة



شكل (8-5) توزيع الفيض الضوئي بالحجرات

اذا كان متوسط شدة الإضاءة S فى غرفة مساحتها A متر مربع فإن

$$Fn = A \, . \, S$$

$$\eta = \frac{F_n}{F}$$

$$\therefore \quad \eta = \frac{A.S}{F}$$

$$F = \frac{A.S}{\eta}$$

اى ان الفيض الضوئى الاسمى يساوى حاصل ضرب متوسط شدة الإضاءة (بوحدات Lux) فى المساحة (بوحدات m^2) مقسومة على عامل الانتفاع . وبمعرفة قيمة عامل الانتفاع يمكن معرفة الفيض الضوئى .

عامل الانعكاس *(reflection factor)*

وهو النسبة بين الفيض الضوئى ، المنعكس خلفياً من الجسم ، الى الفيض الضوئى الساقط عليه ويوضح جدول *(8-14)* قيم عامل الانعكاس للسقف والحوائط .

جدول *(8-14)* عامل الانعكاس للسقف والحوائط .

عـــامل الانعكـــاس		اللـــــــون
للاسقف (r_c)	للحوائط (r_w)	
70%	---	ابيض او الوان فاتحة جداً
50%	50%	الوان فاتحة
30%	30%	تظليل متوسط
----	10%	الوان داكنة

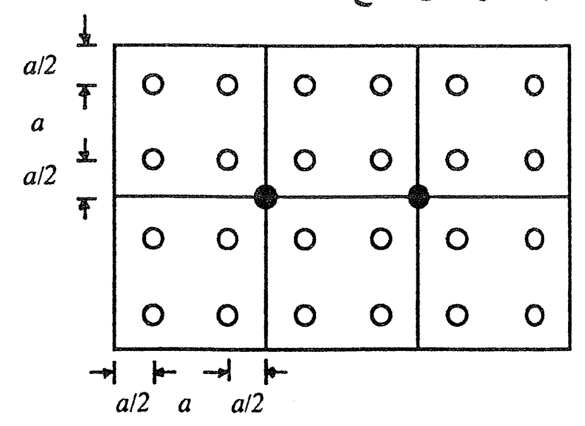
توزيع مصادر الضوء في الحجرة

تعكس الاسقف والحوائط ذات الالوان الفاتحة من 50% إلى 70% من الضوء الساقط بينما الداكنة منها فتعكس من 10% إلى 20%

فى حالة الاضاءة المباشرة ، يكون الانعكاس من الاسقف والحوائط اقل من كل انواع النظم الاخرى .

المسافات بين مصادر الإضاءة

من الاهمية توزيع مصادر الإضاءة فى الحجرة توزيعاً سليماً حتى يمكن الوصول الى جودة وكفاءة عالية للإضاءة ويوضح شكل (8-6) ان المسافة بين مصادر الضوء والحوائط هى نصف المسافة بين مصدرى الضوء ، وعادة تؤخذ المسافة بين مصدرى الضوء بحيث تساوى ارتفاع مصدر الضوء عن سطح الشغلة .



شكل (8-6)

وفى حالات الغرف الصغيرة والتى لها دليل حجرة اقل من 2 فان المسافة a تؤخذ أقل من الارتفاع h (حيث h هى المسافة الرأسية بين مصدر الضوء وسطح الشغلة) وفيما يلى بعض التوصيات للمسافات (الفراغات) لانواع التركيبات المختلفة

أ – الاضاءة المباشرة وشبه المباشرة :

يجب ان تكون المسافة "a" مساوية او اقل من $1.5h$ للعواكس الصناعية ، والمثبتات ذات المجارى ، والمثبتات المنتشرة الجانبية ولمصابيح بخار الزئبق عالى الضغط قدرة $250w$ و $400w$

ب- الاضاءة المنتشرة والإضاءة المخلوطة

يجب ان تكون المسافة "a" مساوية او اقل من $1.7h$

جـ- الإضاءة شبه غير المباشرة

يجب ان تكون المسافة "a" مساوية او اقل من $3b$ حيث b هى المسافة من التركيبات وحتى الحائط

ء - الإضاءة غير المباشرة

(عادة تستخدم المصابيح المتوهجة او مصابيح الفلورسنت طراز *TL*)

مثل الحالة رقم جـ

اقل ارتفاع للإضاءة

للتغلب على الشعور بعدم الراحة او عدم القدرة على الرؤية نتيجة الارتفاع غير المناسب للإضاءة ، فإنه يوصى بارتفاعات للتركيبات المباشرة، كما فى جدولى *(8-15)* , *(8-16)*

جدول *(8-15)*

نوع وقدرة المصباح				اقل ارتفاع لتثبيت الاضاءة	
التنجستن	الزئبق	الزئبق ذات الالوان المصححة	الصوديوم	قدم	متر
60	-	-	-	8	2.5
100	-	-	-	9	2.75
150	-	_	45	9	2.75
200	80	80	60	10.6	3.2
300	125	125	85	12	3.6
500	250	-	140	14	4.2
750	-	400	-	17	5.1
1000	400	-	-	20	6.0
1500	-	-	-	21	7.2

جدول (8-16) قيم اقصى ارتفاع لمصادر اضاءة مختلفة

A B C D E F G

ارتفاع تركيبات الاضاءة/ارتفاع السقف لمصادر الاضاءة غير المباشرة وشبه غير المباشرة.	مسافة التعليق لمصادر الاضاءة غير المباشرة وشبه غير المباشرة	أقصى مسافة بين مصادر الاضاءة							المسافة من الحوائط لجميع انواع مصادر الاضاءة
		A	B	C	D	E	F	G	
		In-direct	Semi-in-direct	General dif-fusing	Semi-direct	Di-rect	Semi-concen-trating direct	Concen-trating direct	
8	1–3	9.5	9.5	8	7	7	6.5	5	عندما تكون طاولة الشغلة عند الحائط تؤخذ 1/3 في الحالات الاخرى تؤخذ 1/2
9	1.5–3	10.5	10.5	9	8	8	7	5.5	
10	2–3	12	12	10	9	9	8	6	
11	2–3	13	13	11	10	10	9	6.5	
12	2.5–4	14.5	14.5	12	11	11	9.5	7	
13	3–4	15.5	15.5	13	12	12	10.5	8	
14	3–4	17	17	14	12.5	12.5	11	8.5	
15	3–4	18	18	15	13.5	13.5	12	9	
16	4–5	19	19	16	14.5	14.5	13	9.5	
18	4–5	22	22	18	16	16	14.5	11	
20 or more	4–6	24	24	20	18	18	16	12	

دليل الحجرة *(Room Index)* او **نسبة الحجرة** *(Room ratio)*

يعرف دليل الحجرة تبعاً للمعادلة الآتية :

$$K = \frac{2 \,.\, l + 8 \,.\, w}{10 \,.\, h} \quad \ldots\ldots \quad (8\text{-}1)$$

or

$$K = \frac{l \quad w}{h\,(l + w)} \quad\quad (8\text{-}2)$$

حيث :

K = دليل الحجرة

l = طول الحجرة بالمتر او القدم (الحجرات الطويلة بفرض اقصى طول للحجرة 5 اضعاف عمق الحجرة)

w = عرض الحجرة بالمتر او القدم

h = المسافة بين مصدر الضوء وسطح الشغلة فى حالتى نظام الاضاءة المباشر وشبه المباشر

= المسافة بين السقف وسطح الشغلة فى حالتى نظام الاضاءة غير المباشر وشبه غير المباشر .

يساوى دليل الحجرة الرقم *1* عندما يكون السقف عالى جداً . اذا تعدى دليل الحجرة الرقم *10* بالحسابات فيفرض انه يساوى *10* حيث لن يسبب اختلافاً كبيراً فى حسابات الاضاءة . باستخدام المعادلة رقم *(8-2)* نحصل على الجدول رقم *(8-17)* موضحاً به قيم دليل الحجرة .

عامل الصيانة *MF (Maintenance Factor)*

تتأثر كفاءة انشاءات الإضاءة بكل من : استهلاك المصابيح (تقدمها فى العمر) ، اتساخ الملحقات ، المصابيح ، الاسقف ، والحوائط . جميع هذه المؤثرات تجتمع فى عامل الصيانة .

ويعرف عامل الصيانة بانه النسبة بين متوسط شدة الاضاءة على سطح الشغلة فى

جدول (8-17) قيم دليل الحجرة بدلالة العرض (w) والطول (L) والارتفاع (h)

عرض الحجرة (قدم)	طول الحجرة (قدم)	ارتفاع مصدر الضوء (فوق الأرضية) (قدم)															
		7	8	9	10	11	12	13	15	17	19	23	27	33	43	53	63
8	10	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5											
	14	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5										
	18	1.2	1.0	0.9	0.7	0.7	0.6	0.5									
	24	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6									
	30	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5								
	40	1.5	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6								
	50	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5							
10	10	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5										
	14	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5								
	18	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5								
	24	1.6	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5							
	30	1.7	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5							
	40	1.8	1.5	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5						
	60	1.9	1.6	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5						
12	12	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5								
	16	1.5	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.5								
	20	1.7	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5							
	30	1.9	1.6	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5						
	50	2.1	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5					
	70	2.3	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5					
	100	2.4	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	0.9	0.7	0.7	0.5					
14	14	1.6	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5							
	20	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5						
	30	2.1	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5					
	40	2.3	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5					
	60	2.5	2.1	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5				
	80	2.6	2.2	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5				
	100	2.7	2.2	1.9	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0	0.8	0.8	0.6	0.5				
16	16	1.8	1.5	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.6	0.6	0.5						
	20	2.0	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5						
	30	2.3	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5					
	40	2.5	2.1	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5				
	60	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8	0.6	0.5				
	80	3.0	2.4	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.5				
	100	3.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.6				
18	20	2.1	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5					
	30	2.5	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.5					
	40	2.8	2.3	1.9	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8	0.6	0.5				
	60	3.1	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5			
	80	3.3	2.7	2.3	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5			
	100	3.4	2.8	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5	1.2	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5			
	120	3.5	2.9	2.4	2.1	1.9	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0	0.8	0.6	0.5			
20	20	2.2	1.8	1.5	1.3	1.2	1.0	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5					
	30	2.7	2.2	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5				
	40	3.0	2.4	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.5				
	60	3.3	2.7	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5			
	80	3.6	2.9	2.5	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.5			
	100	3.7	3.0	2.6	2.2	2.0	1.8	1.6	1.3	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6			
	120	3.8	3.1	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6			
24	30	3.0	2.4	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.5				
	40	3.3	2.7	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5			
	60	3.8	3.1	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6			
	80	4.1	3.4	2.8	2.5	2.2	1.9	1.8	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.6	0.5		
	100	4.3	3.5	3.0	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.3	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5		
	120	4.4	3.6	3.1	2.7	2.4	2.1	1.9	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.5		
	140	4.6	3.7	3.2	2.7	2.4	2.2	1.9	1.6	1.4	1.3	1.0	0.8	0.7	0.5		
30	30	3.3	2.7	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.7	0.6	0.5			
	40	3.8	3.1	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6			
	60	4.4	3.6	3.1	2.7	2.4	2.1	1.9	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.5		
	80	4.8	4.0	3.4	2.9	2.6	2.3	2.1	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5		
	100	5.1	4.2	3.6	3.1	2.7	2.4	2.2	1.8	1.6	1.4	1.1	0.9	0.8	0.6	0.5	
	120	5.3	4.4	3.7	3.2	2.8	2.5	2.3	1.9	1.7	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	
	140	5.5	4.5	3.8	3.3	2.9	2.6	2.3	2.0	1.7	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	

تابع جدول *(8-17)*

عرض الحجرة (قدم)	طول الحجرة (قدم)	ارتفاع مصدر الضوء (فوق الارضية) (قدم)															
		7	8	9	10	11	12	13	15	17	19	23	27	33	43	53	63
35	40	4.2	3.4	2.9	2.5	2.2	2.0	1.8	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.6	0.5		
	60	4.9	4.0	3.4	2.9	2.6	2.3	2.1	1.8	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.6		
	80	5.4	4.4	3.7	3.2	2.9	2.6	2.3	1.9	1.7	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	
	100	...	4.7	4.0	3.4	3.1	2.7	2.5	2.1	1.8	1.6	1.3	1.1	0.9	0.6	0.5	
	120	...	4.9	4.2	3.6	3.2	2.8	2.6	2.2	1.9	1.7	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5	
	140	...	5.1	4.3	3.7	3.3	2.9	2.7	2.2	1.9	1.7	1.4	1.1	0.9	0.7	0.6	
40	40	4.4	3.6	2.4	2.7	2.4	2.1	1.9	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.5		
	60	5.3	4.4	3.7	3.2	2.8	2.5	2.3	1.9	1.7	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	
	80	...	4.9	4.1	3.6	3.2	2.8	2.5	2.1	1.8	1.6	1.3	1.1	0.9	0.7	0.5	
	100	...	5.2	4.4	3.8	3.4	3.0	2.7	2.3	2.0	1.7	1.4	1.2	0.9	0.7	0.6	0.5
	120	...	5.5	4.6	4.0	3.5	3.2	2.8	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5
	140	...	...	4.8	4.1	3.7	3.3	3.0	2.5	2.1	1.9	1.5	1.3	1.0	0.8	0.6	0.5
50	50	...	4.6	3.8	3.3	3.0	2.6	2.4	2.0	1.7	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	
	70	...	5.3	4.5	3.9	3.4	3.1	2.8	2.3	2.0	1.8	1.4	1.2	1.0	0.7	0.6	0.5
	100	...	...	5.1	4.4	3.9	3.5	3.2	2.7	2.3	2.0	1.6	1.4	1.1	0.8	0.7	0.5
	140	...	...	...	4.9	4.3	3.9	3.5	2.9	2.5	2.2	1.8	1.5	1.2	0.9	0.7	0.6
	170	...	...	...	5.1	4.6	4.1	3.7	3.1	2.7	2.4	1.9	1.6	1.3	1.0	0.8	0.6
	200	...	...	...	5.3	4.7	4.2	3.8	3.2	2.8	2.4	2.0	1.6	1.3	1.0	0.8	0.6
60	60	...	5.5	4.6	4.0	3.5	3.2	2.8	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5
	80	...	...	5.3	4.6	4.0	3.6	3.3	2.7	2.4	2.1	1.7	1.4	1.1	0.9	0.7	0.5
	100	...	...	...	5.0	4.4	3.9	3.6	3.0	2.6	2.3	1.8	1.5	1.2	0.9	0.8	0.6
	140	...	...	...	...	5.0	4.4	4.0	3.4	2.9	2.6	2.1	1.7	1.4	1.0	0.8	0.7
	170	...	...	...	...	5.2	4.7	4.2	3.5	3.1	2.7	2.2	1.8	1.5	1.1	0.9	0.7
	200	...	...	...	...	5.5	4.9	4.4	3.7	3.2	2.8	2.3	1.9	1.5	1.2	0.9	0.7
80	80	...	...	...	5.3	4.7	4.2	3.8	3.2	2.8	2.4	2.0	1.6	1.3	1.0	0.8	0.6
	140	...	...	...	...	...	5.3	4.8	4.1	3.5	3.1	2.5	2.1	1.7	1.3	1.0	0.8
	200	...	...	...	...	...	...	5.4	4.6	3.9	3.5	2.8	2.3	1.9	1.4	1.1	0.9
100	100	...	...	...	...	...	5.2	4.8	4.0	3.4	3.0	2.4	2.0	1.6	1.2	1.0	0.8
	150	...	...	...	...	...	...	...	4.8	4.1	3.7	2.9	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0
	200	...	...	...	...	...	...	...	5.3	4.6	4.1	3.3	2.7	2.2	1.7	1.3	1.1
120	120	...	...	...	...	...	...	...	4.8	4.1	3.7	2.9	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0
	160	...	...	...	...	...	...	...	5.5	4.7	4.2	3.4	2.8	2.3	1.7	1.4	1.1
	200	...	...	...	...	...	...	...	...	5.2	4.6	3.7	3.1	2.5	1.9	1.5	1.2

حالة الانشاءات الجديدة الى متوسط شدة الاضاءة فى الانشاءات التى انخفضت كفاءتها نتيجة القدم والاتساخ .

يصنف عامل الصيانة الى ثلاثة مجموعات هى :

أ - اتساخ طفيف *(Slight soiling)*

وذلك فى الاماكن الآتية : المحلات ، المكاتب ، المدارس ... وهى الاماكن التى يتم تنظيف التركيبات بها بصفة دورية .

ب - اتساخ عادى *Normal Soiling*

جـ - اتساخ كثيف *Heavy Soiling*

وذلك فى الاماكن الآتية : مصانع الغزل ، اماكن التعدين ....

عموماً يفضل تنظيف معدات الاضاءة دورياً .

نسبة الفراغ / الارتفاع *(Space / hight ratio)*

تعرف هذه النسبة كالآتى

$$\frac{\text{المسافة الافقية بين مصباحين}}{\text{ارتفاع تعليق المصابيح}}$$

عند قيمة محددة لهذه النسبة يعطى العاكس شدة إضاءة منتظمة ، يمكن معرفة هذه النسبة بسهولة اذا عرف منحنى توزيع الاضاءة للتركيبات . للعواكس المستخدمة فى داخل المبانى تكون هذه النسبة محصورة بين الرقمين *2,1*

عامل الاستهلاك *(P) (Depreciation Factor)*

هو النسبة بين شدة الاضاءة فى ظروف التشغيل العادية وشدة الاضاءة عندما تكون جميع التركيبات نظيفة بالكامل اى ان

$$\text{عامل الاستهلاك} = P = \frac{\text{شدة الاضاءة فى ظروف التشغيل العادية}}{\text{شدة الاضاءة عندما تكون جميع التركيبات نظيفة بالكامل}}$$

والمقصود بالتشغيل فى ظروف التشغيل العادية ، اى انه يمكن ان يكون بعض

المصابيح محروقة او لاتعمل او كفاءتها غير كافية نتيجة عدم نظافة الملحقات او تكون الاسقف والحوائط غير نظيفة .

وقيمة هذا العامل كالآتى :

- عند تنظف التركيبات والمصابيح دورياً فان العامل يساوى *1/1.3*

- عندما تكون المصابيح متسخة فان العامل يساوى *1/1.5*

ويلاحظ ان عامل الاستهلاك هو مقلوب عامل الصيانة .

باستخدام بعض العوامل السابقة وبالاسترشاد بالجداول يمكن معرفة عامل الانتفاع فمثلاً ، يوضح جدول *(8-18)* عامل الانتفاع لعدد *6* مصادر إضاءة مختلفة وذلك باستخدام دليل الحجرة ، وعامل الانعكاس للاسقف والحوائط .

بينما توضح الجداول من *(8-19)* الى *(8-25)* عامل الانتفاع لعدد *7* تركيبات اضاءة مختلفة باستخدام دليل الحجرة ، وعامل الانعكاس للاسقف والحوائط وعامل الصيانة

جدول (8-18) عامل الانتفاع لانواع مصادر اضاءة مختلفة

منحنيات التوزيع التوزجية	انواع مصادر الاضاءة	r_c	80%			70%			50%			30%		
		r_w	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
		K	عامل الانتفاع للارضية 10%											
MF 0.60 (85/5)	غير مباشر	0.6 (J)	.27	.21	.16	.24	.19	.14	.17	.14	.11	.12	.09	.07
		0.8 (I)	.34	.28	.22	.30	.25	.20	.22	.18	.15	.15	.12	.09
		1.0 (H)	.39	.33	.28	.35	.30	.25	.26	.22	.18	.17	.14	.12
		1.25 (G)	.45	.39	.33	.40	.34	.29	.30	.26	.22	.20	.17	.14
		1.5 (F)	.49	.43	.38	.43	.38	.33	.32	.28	.24	.22	.19	.16
		2.0 (E)	.55	.49	.44	.48	.43	.39	.36	.32	.29	.24	.22	.19
		2.5 (D)	.58	.53	.48	.52	.47	.43	.38	.35	.32	.26	.23	.21
		3.0 (C)	.61	.56	.52	.54	.50	.46	.40	.37	.34	.27	.25	.23
		4.0 (B)	.65	.61	.57	.57	.54	.50	.43	.40	.37	.28	.26	.25
		5.0 (A)	.68	.64	.61	.59	.56	.53	.44	.42	.39	.29	.27	.26
MF 0.60 (60/20)	شبه غير مباشر	0.6 (J)	.26	.20	.16	.23	.19	.15	.19	.16	.13	.15	.12	.10
		0.8 (I)	.32	.27	.22	.29	.24	.20	.24	.20	.17	.18	.16	.13
		1.0 (H)	.36	.31	.27	.33	.29	.25	.27	.24	.21	.21	.18	.16
		1.25 (G)	.41	.36	.32	.38	.33	.29	.31	.27	.24	.24	.21	.19
		1.5 (F)	.45	.40	.36	.41	.36	.33	.33	.30	.27	.26	.23	.21
		2.0 (E)	.50	.45	.43	.46	.42	.38	.37	.34	.31	.28	.26	.24
		2.5 (D)	.53	.49	.45	.49	.45	.41	.39	.36	.33	.30	.28	.26
		3.0 (C)	.55	.52	.48	.51	.47	.44	.40	.38	.35	.31	.29	.28
		4.0 (B)	.58	.55	.50	.53	.50	.47	.42	.40	.38	.33	.30	.30
		5.0 (A)	.59	.57	.54	.54	.52	.50	.43	.42	.40	.34	.32	.31
MF 0.65 (40/40)	انتشار عام	0.6 (J)	.27	.22	.18	.26	.21	.17	.23	.19	.16	.20	.18	.15
		0.8 (I)	.34	.28	.24	.32	.27	.24	.29	.25	.22	.26	.22	.20
		1.0 (H)	.39	.34	.30	.37	.32	.28	.33	.29	.26	.29	.26	.23
		1.25 (G)	.44	.39	.35	.42	.37	.33	.38	.34	.30	.33	.30	.27
		1.5 (F)	.48	.43	.39	.46	.41	.37	.41	.37	.34	.36	.33	.30
		2.0 (E)	.53	.49	.45	.51	.46	.43	.45	.42	.39	.39	.37	.35
		2.5 (D)	.57	.53	.49	.54	.50	.47	.48	.45	.42	.42	.39	.37
		3.0 (C)	.60	.56	.52	.56	.53	.50	.49	.47	.44	.43	.41	.39
		4.0 (B)	.63	.60	.53	.59	.56	.54	.52	.50	.47	.45	.44	.42
		5.0 (A)	.65	.62	.59	.61	.58	.56	.53	.52	.50	.47	.45	.44
MF 0.65 (25/55)	شبه مباشر	0.6 (J)	.33	.28	.24	.32	.27	.24	.30	.26	.23	.29	.25	.22
		0.8 (I)	.40	.35	.31	.39	.34	.30	.37	.32	.30	.34	.31	.28
		1.0 (H)	.46	.41	.37	.44	.40	.36	.42	.38	.35	.39	.36	.33
		1.25 (G)	.51	.46	.42	.50	.45	.41	.46	.43	.40	.43	.40	.38
		1.5 (F)	.55	.50	.46	.53	.49	.45	.50	.46	.43	.46	.44	.41
		2.0 (E)	.60	.56	.52	.58	.54	.51	.54	.51	.48	.50	.48	.46
		2.5 (D)	.63	.59	.56	.61	.57	.55	.57	.54	.52	.53	.50	.49
		3.0 (C)	.66	.62	.59	.63	.60	.57	.59	.56	.54	.54	.53	.51
		4.0 (B)	.69	.66	.63	.66	.63	.61	.61	.59	.57	.56	.55	.53
		5.0 (A)	.71	.68	.66	.68	.66	.64	.64	.61	.59	.58	.57	.55
MF 0.70 (0/60)	مباشر	0.6 (J)	.35	.30	.28	.34	.30	.27	.34	.30	.27	.33	.30	.27
		0.8 (I)	.41	.37	.34	.41	.37	.34	.40	.36	.34	.39	.36	.34
		1.0 (H)	.45	.41	.38	.45	.41	.38	.44	.41	.38	.43	.40	.38
		1.25 (G)	.49	.45	.43	.49	.45	.43	.48	.45	.42	.47	.44	.42
		1.5 (F)	.52	.48	.46	.51	.48	.46	.50	.48	.45	.49	.47	.45
		2.0 (E)	.55	.52	.50	.54	.52	.50	.53	.51	.49	.52	.50	.49
		2.5 (D)	.57	.54	.52	.56	.54	.52	.55	.52	.52	.54	.52	.51
		3.0 (C)	.58	.56	.54	.58	.56	.54	.56	.55	.53	.55	.54	.53
		4.0 (B)	.60	.58	.56	.59	.58	.56	.58	.57	.55	.57	.56	.55
		5.0 (A)	.61	.59	.58	.60	.59	.58	.59	.58	.57	.58	.57	.56
MF 0.70 (0/100)	مباشر	0.6 (J)	.53	.46	.42	.53	.46	.42	.52	.46	.42	.51	.46	.41
		0.8 (I)	.64	.57	.52	.63	.57	.52	.62	.56	.52	.61	.56	.52
		1.0 (H)	.72	.65	.60	.71	.65	.60	.70	.64	.60	.68	.64	.60
		1.25 (G)	.78	.72	.68	.78	.72	.68	.76	.71	.68	.75	.70	.67
		1.5 (F)	.83	.77	.73	.82	.77	.73	.81	.76	.72	.80	.76	.72
		2.0 (E)	.89	.84	.80	.88	.84	.80	.87	.83	.80	.85	.82	.79
		2.5 (D)	.93	.88	.85	.92	.88	.84	.90	.86	.84	.88	.86	.83
		3.0 (C)	.95	.92	.88	.94	.91	.88	.92	.90	.87	.91	.88	.86
		4.0 (B)	.99	.95	.93	.97	.94	.92	.95	.93	.91	.94	.92	.90
		5.0 (A)	1.01	.98	.96	1.00	.97	.95	.98	.96	.94	.96	.94	.92

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

جدول (8-19) عامل الانتفاع فى حالة استخدام المصابيح المتوهجة

المصابيح المتوهجة: نوع التركيبات	الكفاءة	K	عامل الانتفاع (حالات جديدة) T_c = 0.7، T_w = 0.5	T_c = 0.7، T_w = 0.3	T_c = 0.7، T_w = 0.1	T_c = 0.5، T_w = 0.5	T_c = 0.5، T_w = 0.3	T_c = 0.5، T_w = 0.1	T_c = 0.3، T_w = 0.5	T_c = 0.3، T_w = 0.3	T_c = 0.3، T_w = 0.1
	0 ↑ 80 ↓ 80	1	0·27	0·21	0·17	0·26	0·21	0·17	0·26	0·21	0·17
		1·2	0·32	0·26	0·21	0·31	0·25	0·21	0·30	0·25	0·21
		1·5	0·38	0·32	0·27	0·37	0·32	0·27	0·36	0·31	0·27
		2	0·46	0·40	0·36	0·45	0·40	0·35	0·44	0·39	0·36
		2·5	0·51	0·46	0·42	0·50	0·46	0·42	0·49	0·45	0·42
		3	0·55	0·50	0·46	0·54	0·50	0·46	0·53	0·49	0·46
		4	0·61	0·56	0·53	0·60	0·56	0·53	0·59	0·55	0·53
		5	0·64	0·60	0·57	0·63	0·60	0·57	0·62	0·60	0·57
		6	0·67	0·63	0·61	0·66	0·63	0·60	0·65	0·62	0·60
		8	0·70	0·67	0·65	0·69	0·67	0·65	0·68	0·66	0·65
		10	0·72	0·70	0·68	0·71	0·69	0·67	0·71	0·69	0·67
			التركيبات عند مركز الحجرة								
		1	0·29	0·23	0·19	0·28	0·23	0·19	0·28	0·23	0·19
		1·2	0·35	0·20	0·25	0·34	0·29	0·26	0·33	0·28	0·25
		1·5	0·42	0·37	0·33	0·41	0·36	0·33	0·41	0·36	0·33
		2	0·52	0·47	0·44	0·51	0·47	0·44	0·50	0·47	0·44

عامل الصيانة	تتم عملية النظافة مرتين كل سنة	تتم عملية النظافة مرة سنويا
معدل اتساخ منخفض	×	×
معدل اتساخ عادى	1·55	1·35
معدل اتساخ عالى	2·15	1·65

جدول (20-8) عامل الانتفاع فى حالة استخدام المصابيح المتوهجة

المصابيح المتوهجة			عامل الانتفاع (حالات جديدة)									عامل الصيانة	
نوع التركيبات	الكفاءة	K	r_c 0.7			0.5			r_c 0.3			تتم عملية النظافة مرة سنويا	تتم عملية النظافة مرتين سنويا
			r_w 0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1 r_w		
الانتشار	35	1	0.20	0.15	0.12	0.18	0.13	0.10	0.15	0.11	0.09	معدل اتساخ منخفض	
	↑	1.2	0.24	0.18	0.15	0.21	0.16	0.13	0.17	0.14	0.11	1.25	1.40
	79	1.5	0.28	0.23	0.19	0.24	0.20	0.16	0.21	0.17	0.14	معدل اتساخ عادى	
	↓	2	0.34	0.29	0.26	0.30	0.25	0.21	0.25	0.21	0.18	1.45	1.80
	44	2.5	0.39	0.33	0.29	0.33	0.29	0.25	0.28	0.25	0.22	معدل اتساخ عالى	
		3	0.42	0.37	0.32	0.36	0.32	0.28	0.31	0.27	0.24	×	×
		4	0.46	0.42	0.38	0.40	0.36	0.33	0.34	0.31	0.29		
		5	0.50	0.45	0.42	0.43	0.40	0.37	0.37	0.34	0.32		
		6	0.52	0.48	0.45	0.45	0.42	0.39	0.39	0.36	0.34		
		8	0.55	0.62	0.49	0.48	0.45	0.43	0.42	0.39	0.37		
		10	0.57	0.54	0.51	0.50	0.48	0.46	0.43	0.41	0.40		
		التركيبات عند مركز الحجرة											
		1	0.21	0.16	0.12	0.18	0.14	0.11	0.15	0.12	0.09		
		1.2	0.25	0.19	0.16	0.21	0.17	0.14	0.18	0.14	0.12		
		1.5	0.30	0.24	0.20	0.26	0.21	0.18	0.22	0.18	0.15		
		2	0.36	0.31	0.27	0.32	0.27	0.24	0.27	0.24	0.21		

جدول (8-21) عامل الانتفاع فى حالة استخدام المصابيح المتوهجة

المصابيح المتوهجة			عامل الانتفاع (حالات جديدة)									عامل الصيانة	
نوع التركيبات	الكفاءة	K	ρ_c 0·7			0·5			ρ_c 0·3			تتم عملية النظافة مرة سنويا	تتم عملية النظافة مرتين سنويا
			ρ_w 0·5	0·3	0·1	0·5	0·3	0·1	0·5	0·3	0·1 ρ_w		
تركيبات مباشرة	80 ↑ 80 ↓ 0	1	0·19	0·15	0·12	0·13	0·11	0·09	0·08	0·06	0·05	معدل اتساخ منخفض	
		1·2	0·23	0·19	0·16	0·16	0·13	0·11	0·09	0·08	0·07	1·35	1·55
		1·5	0·27	0·23	0·20	0·19	0·16	0·14	0·11	0·09	0·08	معدل اتساخ عادى	
		2	0·32	0·28	0·25	0·22	0·20	0·18	0·13	0·12	0·11	1·65	2·15
		2·5	0·35	0·32	0·29	0·25	0·22	0·21	0·15	0·13	0·12	معدل اتساخ عالى	
		3	0·38	0·35	0·32	0·27	0·25	0·23	0·16	0·15	0·14	×	×
		4	0·42	0·39	0·37	0·30	0·28	0·26	0·18	0·17	0·16		
		5	0·45	0·42	0·49	0·31	0·30	0·28	0·19	0·18	0·17		
		6	0·46	0·44	0·42	0·33	0·31	0·30	0·19	0·19	0·18		
		8	0·49	0·47	0·45	0·34	0·33	0·32	0·20	0·20	0·19		
		10	0·50	0·49	0·47	0·35	0·34	0·34	0·21	0·21	0·20		
		التركيبات عند مركز الحجرة											
		1	0·19	0·15	0·13	0·14	0·11	0·09	0·08	0·07	0·06		
		1·2	0·23	0·19	0·16	0·16	0·14	0·12	0·10	0·08	0·07		
		1·5	0·28	0·24	0·20	0·19	0·17	0·15	0·11	0·10	0·09		
		2	0·33	0·21	0·26	0·23	0·21	0·19	0·14	0·13	0·11		

جدول (8-22) عامل الانتفاع فى حالة استخدام مصابيح الفلورسنت

مصابيح فلورسنت — نوع التركيبات: مصباح الفلورسنت موضوع فى مجرى

الكفاءة: 83 ← 93 ← 60

عامل الانتفاع (حالات جديدة)

K	T_c 0.7 / T_w 0.5	T_c 0.7 / T_w 0.3	T_c 0.7 / T_w 0.1	T_c 0.5 / T_w 0.5	T_c 0.5 / T_w 0.3	T_c 0.5 / T_w 0.1	T_c 0.3 / T_w 0.5	T_c 0.3 / T_w 0.3	T_c 0.3 / T_w 0.1
1	0.27	0.20	0.16	0.24	0.18	0.15	0.21	0.16	0.13
1.2	0.31	0.25	0.20	0.28	0.22	0.18	0.25	0.20	0.16
1.5	0.37	0.31	0.26	0.33	0.28	0.23	0.29	0.25	0.21
2	0.45	0.39	0.31	0.40	0.35	0.31	0.35	0.31	0.28
2.5	0.50	0.44	0.39	0.45	0.40	0.36	0.40	0.36	0.32
3	0.54	0.48	0.44	0.48	0.44	0.40	0.43	0.39	0.36
4	0.60	0.55	0.50	0.54	0.50	0.46	0.48	0.44	0.41
5	0.63	0.59	0.55	0.57	0.53	0.50	0.51	0.48	0.45
6	0.66	0.62	0.59	0.60	0.56	0.53	0.53	0.51	0.48
8	0.70	0.66	0.63	0.63	0.60	0.58	0.57	0.54	0.52
10	0.72	0.69	0.66	0.65	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55
التركيبات عند مركز الحجرة									
1	0.28	0.22	0.17	0.25	0.20	0.16	0.22	0.18	0.14
1.2	0.33	0.27	0.22	0.29	0.24	0.20	0.26	0.22	0.18
1.5	0.40	0.34	0.29	0.36	0.30	0.27	0.32	0.28	0.24
2	0.49	0.43	0.38	0.44	0.39	0.35	0.39	0.36	0.32

عامل الصيانة

	تتم عملية الصيانة مرة سنويا	تتم عملية الصيانة مرتين سنويا
معدل اتساخ منخفض	1.25	1.10
معدل اتساخ عادى	1.45	1.80
معدل اتساخ عالى	×	×

جدول (8-23) عامل الانتفاع فى حالة استخدام مصابيح الفلورسنت

مصابيح الفلورسنت: نوع التركيبات	اللفاوة	K	عامل الانتفاع (حالات جديدة) ρ_c = 0.7, ρ_w = 0.5	ρ_c = 0.7, ρ_w = 0.3	ρ_c = 0.7, ρ_w = 0.1	ρ_c = 0.5, ρ_w = 0.5	ρ_c = 0.5, ρ_w = 0.3	ρ_c = 0.5, ρ_w = 0.1	ρ_c = 0.3, ρ_w = 0.5	ρ_c = 0.3, ρ_w = 0.3	ρ_c = 0.3, ρ_w = 0.1
تثبيت مباشر	0 → 82	1	0.29	0.24	0.20	0.29	0.23	0.20	0.28	0.23	0.20
		1.2	0.35	0.29	0.25	0.34	0.28	0.25	0.33	0.28	0.24
		1.5	0.40	0.36	0.31	0.41	0.35	0.31	0.40	0.35	0.31
		2	0.50	0.45	0.41	0.49	0.44	0.41	0.48	0.44	0.41
		2.5	0.55	0.50	0.47	0.54	0.50	0.46	0.53	0.50	0.46
		3	0.59	0.55	0.51	0.58	0.54	0.51	0.58	0.54	0.51
		4	0.65	0.61	0.58	0.64	0.60	0.58	0.63	0.60	0.57
		5	0.68	0.65	0.62	0.67	0.64	0.62	0.66	0.64	0.62
		6	0.70	0.67	0.65	0.69	0.67	0.65	0.69	0.67	0.65
		8	0.73	0.71	0.69	0.72	0.71	0.69	0.72	0.70	0.69
		10	0.75	0.73	0.71	0.74	0.73	0.71	0.74	0.72	0.71
التركيبات عند مركز الحجرة	82										
		1	0.32	0.26	0.22	0.31	0.26	0.22	0.30	0.26	0.22
		1.2	0.38	0.33	0.29	0.37	0.32	0.29	0.37	0.32	0.29
		1.5	0.48	0.41	0.38	0.46	0.41	0.38	0.45	0.41	0.38
		2	0.57	0.53	0.50	0.57	0.53	0.50	0.56	0.53	0.50

عامل الصيانة	تتم عملية النظافة مرة سنويا	تتم عملية النظافة مرتين سنويا
معدل اتساخ منخفض	×	×
معدل اتساخ عادى	1.40	1.70
معدل اتساخ عالى	1.85	2.85

جدول (8-24) عامل الانتفاع فى حالة استخدام مصابيح الفلورسنت

مصابيح الفلورسنت: نوع التركيبات	الكفاءة	K	عامل الانتفاع (حالات جديدة) ρ_c 0.7، ρ_w 0.5	ρ_c 0.7، ρ_w 0.3	ρ_c 0.7، ρ_w 0.1	ρ_c 0.5، ρ_w 0.5	ρ_c 0.5، ρ_w 0.3	ρ_c 0.5، ρ_w 0.1	ρ_c 0.3، ρ_w 0.5	ρ_c 0.3، ρ_w 0.3	ρ_c 0.3، ρ_w 0.1
تركيب مباشر من خلال فتحة مستطيلة	0	1	0.24	0.21	0.18	0.24	0.20	0.18	0.21	0.20	0.18
		1.2	0.29	0.25	0.22	0.28	0.24	0.22	0.28	0.24	0.22
		1.5	0.34	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27
		2	0.40	0.37	0.34	0.39	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34
		2.5	0.43	0.40	0.38	0.43	0.40	0.38	0.42	0.40	0.38
	60	3	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41
		4	0.49	0.47	0.45	0.49	0.47	0.45	0.48	0.46	0.45
		5	0.51	0.49	0.48	0.51	0.49	0.47	0.50	0.49	0.47
	60	6	0.53	0.51	0.49	0.52	0.51	0.49	0.52	0.50	0.49
		8	0.54	0.53	0.52	0.54	0.53	0.52	0.54	0.53	0.52
		10	0.56	0.54	0.53	0.55	0.54	0.53	0.55	0.54	0.53
التركيبات عند مركز الحجرة											
		1	0.27	0.23	0.21	0.26	0.23	0.21	0.26	0.23	0.21
		1.2	0.32	0.29	0.26	0.32	0.28	0.26	0.31	0.28	0.26
		1.5	0.39	0.36	0.33	0.38	0.35	0.33	0.38	0.35	0.33
		2	0.46	0.44	0.42	0.46	0.44	0.42	0.45	0.44	0.42

عامل الصيانة	تتم عملية النظافة مرة سنويا	تتم عملية النظافة مرتين سنويا
معدل اتساخ منخفض	1.30	1.45
معدل اتساخ عادية	1.55	1.90
معدل اتساخ عالى	×	×

جدول (8-25) عامل الانتفاع فى حالة استخدام مصابيح الفلورسنت

مصابيح فلورسنت	الكفاءة	K	عامل الانتفاع (حالة جديدة)								
نوع التركيبات			r_c 0.7			0.5			0.3		
			r_w 0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
تركيب شبه مباشر خلال فتحة	24 → 76 → 52	1	0.25	0.20	0.17	0.23	0.19	0.16	0.21	0.17	0.15
		1.2	0.30	0.25	0.21	0.27	0.23	0.20	0.25	0.21	0.19
		1.5	0.35	0.30	0.27	0.32	0.28	0.25	0.29	0.26	0.23
		2	0.42	0.38	0.34	0.39	0.35	0.32	0.35	0.32	0.30
		2.5	0.46	0.42	0.39	0.43	0.39	0.36	0.39	0.36	0.34
		3	0.49	0.46	0.43	0.45	0.42	0.40	0.42	0.39	0.37
		4	0.54	0.50	0.48	0.49	0.47	0.44	0.45	0.43	0.41
		5	0.56	0.53	0.51	0.52	0.50	0.48	0.48	0.46	0.44
		6	0.58	0.56	0.53	0.54	0.52	0.50	0.49	0.48	0.46
		8	0.61	0.59	0.57	0.56	0.54	0.53	0.51	0.50	0.49
		10	0.62	0.60	0.59	0.57	0.56	0.55	0.53	0.52	0.51
			التركيبات عند مركز الحجرة								
		1	0.27	0.22	0.19	0.25	0.21	0.18	0.23	0.19	0.17
		1.2	0.32	0.27	0.24	0.29	0.26	0.23	0.27	0.24	0.21
		1.5	0.39	0.34	0.31	0.36	0.32	0.29	0.33	0.30	0.28
		2	0.47	0.43	0.40	0.43	0.38	0.40	0.40	0.38	0.36

عامل الصيانة	تتم عملية النظافة مرة سنويا	تتم عملية النظافة مرتين سنويا
معدل اتساخ منخفض	1.30	1.50
معدل اتساخ عادى	1.60	2.00
معدل اتساخ عالى	×	×

طريقة لومن لتصميم الإضاءة *(The Lumen Method of Lighting design)*

وضعت طريقة تصميم الاضاءة بتجارب هارسون واندرسون *(Harrison & Anderson)* والتى تتلخص فى النقاط الآتية :

أ – حساب اللومن الكلى المطلوب

اللومن الكلى المطلوب = (شدة الاضاءة × مساحة الحجرة) / (عامل الانتفاع × عامل الصيانة)

اى ان

$$\text{Total Lumens required} = \frac{I \cdot A}{\eta \cdot MF} \quad .... (8\text{-}3)$$

حيث :

I = شدة الاضاءة بوحدات قدم شمعة

A = مساحة الحجرة بوحدات قدم مربع

η = عامل الانتفاع

MF = عامل الصيانة

ولحل هذه المعادلة يجب تحديد الآتى :

– شدة الاضاءة المطلوبة
– تحديد عامل الحجرة (من الجداول)
– اختيار نوع مصادر الإضاءة
– اختيار عامل الانتفاع وعامل الصيانة (من الجداول)

ب – من الجداول نحدد المسافة المسموح بها بين مصادر الاضاءة ، عند استخدام المعلومات للمساحة المضاءة فانه يمكن التخطيط للمسافة العملية ، ثم نحصل على عدد وحدات الاضاءة الكلية عن طريق العلاقة الآتية :

اللومن المطلوب للمصباح / مصدر الإضاءة =
اللومن الكلى (المحسوب من المعادلة *(8-3)*)÷ عدد مصادر الإضاءة

or

$$\text{Number of Luminaires} = \frac{\text{Total Lumens}}{\text{Lamp Lumens per Luminaries}} \quad .. (8\text{-}4)$$

جـ - نحسب المساحة المضاءة من العلاقة

المساحة لكل مصدر إضاءة = المساحة الكلية للحجرة / عدد مصادر الاضاءة

اى ان

$$Area\ per\ Luminaire = \frac{Total\ room\ area}{Number\ of\ Luminaires} \quad ....\ (8\text{-}5)$$

اذا كانت المساحة المحسوبة من المعادلة رقم (8-5) اكبر من المسموحة بجدول رقم (8-17) فانه يمكن تزويد عدد مصادر الإضاءة ، اى تزويد شدة الاضاءة ، او اختيار نوع آخر من مصادر الإضاءة ذات مقنن وحجم أكبر .

أمثلة :

مثال (8-1) :

مكتب اعمال عامة ابعادة كالآتى $60ft\ x\ 40ft\ x\ 10.5ft$

السقف ابيض اللون ، عامل الانعكاس للسقف 80% ، وللحوائط 50%

يحتاج لتركيب نظام إضاءة مباشر باستخدام مصابيح فلورسنت . احسب عدد المصابيح .

الحل :

1- من شكل (8-3) يوصى باستعمال شدة اضاءة لمكتب عام خاص بالحسابات وحفظ الدفاتر .... بقيمة 50 قدم شمعة .

2- فى جدول (8-17) الخاص بدليل الحجرة

من ابعاد الحجرة $40ft\ x\ 60ft\ x\ 10.5ft$ فان دليل الحجرة هو متوسط القيمة بين 3.2 , 2.8 أي 3

3- من جدول (8-18) الخاص بعامل الانتفاع

باستخدام القيم $K=3$, $r_c = 80\%$, $r_w = 50\%$

ومعامل انعكاس الارضية 10% ، ونظام اضاءة مباشر

فان قيمة عامل الانتفاع تكون 0.58

ومن نفس الجدول نجد ان عامل الصيانة (MF) يساوى 0.70

4- نحسب اللومن الكلى المطلوب من المعادلة رقم $(8\text{-}1)$

$$Total\ Lumens\ required = \frac{50\ (40 \times 60)}{0.58 \times 0.70} = 295{,}567\ \ ....Lm$$

5- بفرض اختيار مصابيح فلورسنت ذى الضوء الابيض مقنناتها الفنية $40w$, $2500\ lm$ وباستخدام المعادلة رقم $(8\text{-}2)$ نحصل على عدد مصادر الاضاءة كالآتى

$$Number\ of\ Luminaires = \frac{295{,}567}{2{,}500} = 119$$

مثال $(8\text{-}2)$

حجرة مساحتها $8m \times 12m$ تحتاج لعدد 15 مصباح للحصول على شدة اضاءة منتظمة قيمتها $100\ lm/m2$. احسب عامل الانتفاع η للحجرة والذى يعطى مخرج لكل مصباح قيمته $1600\ lm$

الحل :

اللومن المشع بواسطة المصابيح $= 15 \times 1600 = 24{,}000\ lm$

اللومن الحقيقى الحادث بسطح الشعلة فى الحجرة $= 100\ (8 \times 12) = 9600\ lm$

$$\text{عامل الانتفاع} = \eta = \frac{9600}{24{,}000} = 40\%$$

مثال $(8\text{-}3)$

اوجد التوفير الكلى فى الحمل الكهربى ونسبة الزيادة فى شدة الاضاءة اذا استبدل عدد 12 مصباح متوهج $150w$ بعدد 12 مصباح فلورسنت $80w$. مع فرض الآتى

- الفقد فى الملف الخانق 25% من القدرة المقننة للمصباح (w)
- كفاءة الإضاءة للمصابيح المتوهجة $15lm/w$ وللمصابيح الفلورسنت $40lm/w$

– عامل الانتفاع متساوى فى الحالتين .

الحل :

الحمل الكلى للمصابيح المتوهجة = $12 \times 150 = 1800\ w$

الحمل الكلى للمصابيح الفلورسنت = $12\ (80 + 0.25 \times 80) = 1200\ w$

التوفير الكلى فى الحمل الكهربى = $1800 - 1200 = 600\ w$

لحساب الزيادة فى شدة الإضاءة يجب حساب شدة الاضاءة للمصابيح المتوهجة وللفلورسنت ، ثم حساب الفرق بينهما منسوباً الى شدة الاضاءة للمصابيح المتوهجة وبفرض ان مساحة الحجرة A وان عامل الانتفاع η فان :

شدة الاضاءة للمصابيح المتوهجة = $\dfrac{12 \times 150 \times 15}{A}\ \eta = 27{,}000\ \eta / A\ Lm/m2$

شدة الاضاءة للفلورسنت = $\dfrac{12 \times 80 \times 40}{A}\ \eta = 38{,}400\ \eta / A\ Lm/m2$

الزيادة فى شدة الإضاءة = $\dfrac{38{,}400 - 27{,}000}{27{,}000} = 42\%$

مثال $(8\text{-}4)$

ملعب كرة قدم مساحته $120m \times 60\ m$ يضاء ليلاً بمصابيح $1000\ w$ مثبته على 12 برج والمطلوب توزيع الإضاءة حول الارض للوصول الى شدة اضاءة شبه منتظمة للملعب . نفرض أن 40% من الضوء الكلى المنبعث يصل الى الملعب وان شدة اضاءة $1000\ lm/m2$ تكون ضرورية لاغراض التليفزيون . احسب عدد المصابيح لكل برج . مع اعتبار الكفاءة الكلية للمصباح $30\ lm/w$

الحل :

المساحة المضاءة = $120 \times 60 = 7{,}200 \quad m^2$

الفيض المطلوب = $7{,}200 \times 1000 = 7.2 \times 10^6 \quad lm$

وحيث ان 40% فقط من الفيض المشع تصل الى الارض فان

$$\text{الفيض الضوئى الكلى المطلوب} = \frac{7.2 \times 10^6}{0.4} = 18 \times 10^6 \quad lm$$

$$\text{نصيب الفيض لكل برج} = \frac{18 \times 10^6}{12} = 1.5 \times 10^6 \quad lm$$

مخرج الضوء لكل مصباح $1000w$ $= 30 \times 1000 = 3 \times 10^4 \quad lm$

$$\text{عدد المصابيح على كل برج} = \frac{1.5 \times 10^6}{3 \times 10^4} = 50$$

مثال $(8\text{-}5)$

صالة رسم لطلبة الهندسة ابعادها $30m \times 20m \times 8m$ ارتفاع التركيبات يكون $5m$ ومستوى شدة الاضاءة يساوى $144\ lm/m2$. استخدم مصابيح الفتيلة المعدنية ، افرض حجم وعدد المصابيح . ارسم اماكن تركيب المصابيح على مسقط افقى للحجرة وافرض ان عامل الانتفاع $= 0.6$ ، عامل الصيانة $= 0.75$ ، النسبة بين الفراغ/الارتفاع $= 1$

لمصباح $300w$ الكفاءة $= 13\ lm/w$

لمصباح $500w$ الكفاءة $= 16\ lm/w$

احسب شدة الإضاءة

الحل :

نحسب الفيض الضوئى اولاً :

$$\text{الفيض الضوئى} = \frac{(30 \times 20) \times 144}{0.6 \times 0.75} = 192{,}000 \quad lm$$

اللومن لمصباح $500w$ $= 500 \times 16 = 8000 \quad lm$

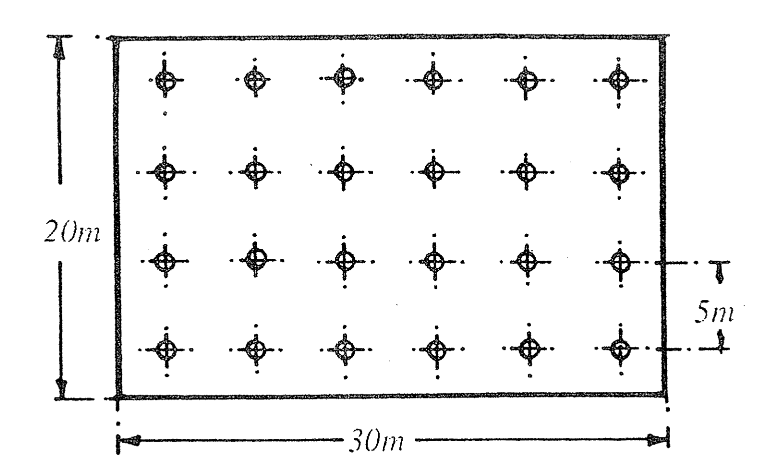
$$500w \text{ عدد المصابيح المطلوبة قدرة } = \frac{192000}{8000} = 24$$

$$300w \text{ اللومن لمصباح } = 300 \times 13 = 3900 \quad lm$$

$$300w \text{ عدد المصابيح المطلوبة قدرة } = \frac{192000}{3900} = 49$$

لايمكن استخدام المصابيح 300w حيث ان عددها لايمكن تنظيمه وتقسيمة تبعاً لمساحة الصالة (30m x 20m) وتبعاً لنسبة الفراغ / الارتفاع والتى تساوى الوحدة .

وعلى ذلك فانه يوصى باستخدام المصابيح 500w بعدد 4 صفوف كل صف يحتوى على 6 مصابيح بمسافة تساوى 5m لكل من طول وعرض الصالة كما فى الشكل (8-7)



شكل (8-7)

مثال $(8-6)$

مكتب ابعاده $15m \times 11m \times 4m$ البيانات الفنية :

مستوى الاضاءة = $700\ lux$

لون السقف ابيض

عامل انعكاس السقف $r_c = 70\%$

لون الحوائط والستائر متوسط

عامل انعكاس الحوائط $r_w = 30\%$

نوع التركيبات : مصابيح فلورسنت تثبت فى مجارى . احسب شدة الإضاءة

الحل :

$$\text{عامل الحجرة} = k = \frac{2l + 8w}{10\,h}$$

h هو ارتفاع تركيبات الاضاءة ويساوى

$$h = 4 - 0.2 - 0.8 = 3\ m$$

حيث 0.2 هى المسافة بين السقف والمصباح

0.8 هى المسافة بين سطح الشغلة والارضية

$$k = \frac{2 \times 15 + 8 \times 11}{10 \times 3} = 3.9$$

من جدول $(8-22)$ فان عامل الانتفاع $\eta = 0.54$ عند $k = 3.9$

ويكون عامل الصيانة $MF = 1.5$

ثم يحسب عدد مجارى الاضاءة اللازمة من المعادلة

$$\text{عدد التركيبات (مجارى الاضاءة)} = \frac{E\,.\,A\,.\,(MF)}{Flux\ per\ fitting \times \eta}$$

حيث :

$E = 700$ Lux

$A = 15 \times 11 = 165$ m2

$MF = 1.5$

بفرض تركيب ثلاثة مصابيح فلورسنت 40w فى كل تركيبه

$Flux\ per\ fitting = 3 \times 2800 = 8400$ Lm

$$\text{عدد التركيبات} = \frac{700 \times 165 \times 1.5}{8400 \times 0.54} = 38.2 \simeq 40$$

ويكون الفيض الكلى لعدد 40

$F_0 = 40 \times 8400 = 336,000$ Lm

ويكون متوسط شدة الاضاءة للانشاءات الجديدة كالآتى :

$$E_{av} = \frac{F_0 \cdot \eta}{A}$$

$$= \frac{336000 \times 0.54}{165} = 1100 \quad lux$$

عند حالات التشغيل ، فان شدة الاضاءة نتيجة عامل الصيانة او عامل الاستهلاك تصبح :

$$= \frac{1100}{1.5} = 730 \quad Lux$$

انواع الملحقات المركبة مع المصابيح

فيما يلى توضيح لبعض انواع الملحقات :

1- عارضة خشبية *(Batten)*

فى شكل *(8-8)*تثبيتمصابيح فلورسنت على عارضة

2- مجرى بلاستيك *(Plastic or Slotted top trough)*

كما فى شكل *(8-9)*

3- شباك سقف بفتحات تهوية مشقوقة *(Ceiling Lauvred Panel)*

كما فى شكل *(8-10)*

4 – نوع الضوء الهابط *(Downlights)*

يوضح شكل *(8-11)* أ نوع العدسة الزجاجية *(Lens-glass type)*

بينما يوضح شكل *(8-11)*ب نوع فتحة التهوية الحلقية *(Lauvre-ring type)*

5 – النوع المباشر *(Direct)*

كما فى شكل *(8-12)* وهو من النوع المعلق حيث يسمح للضوء بالانتشار خلاله ويمتاز بانه يخفف وهج الضوء .

6 – انتشار مغلق *(Enclosed diffusing)*

كما فى شكل *(8-13)* ويمتاز بأنه يقيد اتجاه الضوء ويتحكم فى توزيعه .

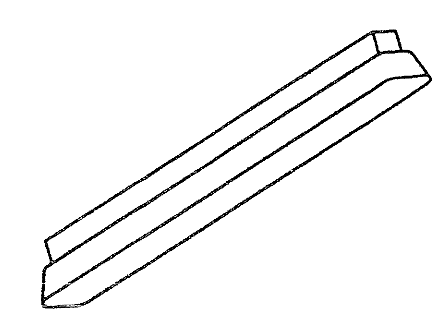
7 – ذو فتحات تهوية مشقوقة *(Louvred)*

كما فى شكل *(8-14)*

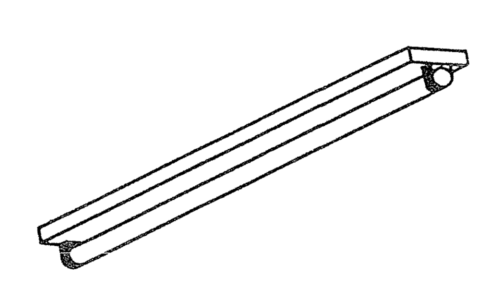
8 – تثبيت بيلمت *(Pelmet)*

كما فى شكل *(8-19)*

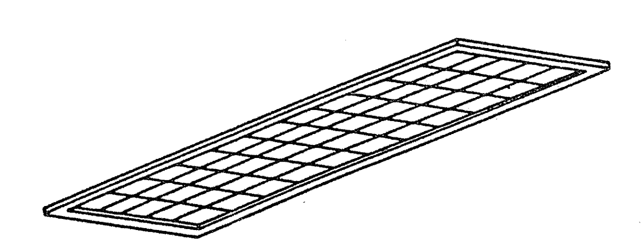
ويمكن ان يكون تثبيت الملحقات بالسقف اما فى تجويف *(Recessed Fitting)* او فى تجويف نصفى *(Semi - recessed Fitting)* أو على سطح السقف *(Surface mounted fitting)* ويوضح شكل *(8-16)* هذه الحالات .



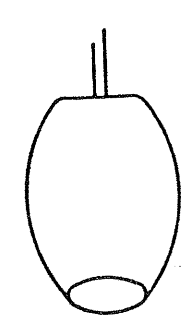
شكل (8-9) مجرى بلاستيك لتركيب المصباح



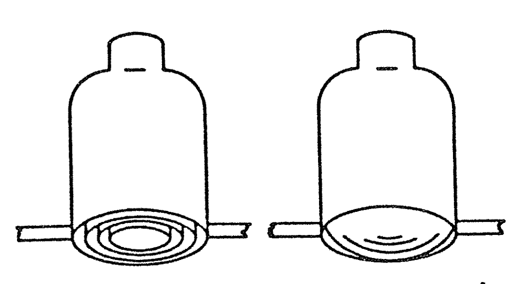
شكل (8-8) عارضة خشبية لتثبيت المصباح



شكل (8-10) لوح سقف بفتحات تهوية مشقوقة



شكل (8-12) كلوب مصباح من النوع المباشر



(أ) ذو عدسة زجاجية (ب) ذو فتحة حلقية

شكل (8-11) كلوب مصباح من نوع الضوء الأبيض

* رأس الفوتومتر *Photometer Head*

* مصباح قياسي .

تعتمد فكرة القياس على قانون التربيع العكسي . ويوضح شكل *(9-2)* ، مصباحين S, T بينهما حاجز ويكون المصباح S هو المصباح القياسي المعلوم شدته ، بينما يراد معرفة شدة المصباح T . يتم تحريك الحاجز حتى نحصل على شدة إضاءة متساوية على الجانبين ، وعلى ذلك فمن قانون التربيع العكسي

$$\frac{\text{شدة المصباح } T}{\text{شدة المصباح } S} = \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad \text{.........................} \quad (9\text{-}2)$$

حيث r_2, r_1 المسافة من الحاجز إلى المصباحين T, S على التوالي .

يسمى الحاجز المستخدم لإيجاد الموضع الذى عنده تتساوى شدة الإضاءة ، بإسم «رأس الفوتومتر» ، بينما يسمى الجزء المدرج والذى يتحرك عليه الحاجز "بمنضدة الفوتومتر"، ويمكن إستخدام أنواع مختلفة من «رأس الفوتومتر» مع نفس المنضدة .

وعادة تكون المنضدة عبارة عن قضبان من الصلب بطول ثلاثة أو أربعة أمتار وبها موضعين لتثبيت المصباحين ومكان لوضع رأس الفوتومتر .

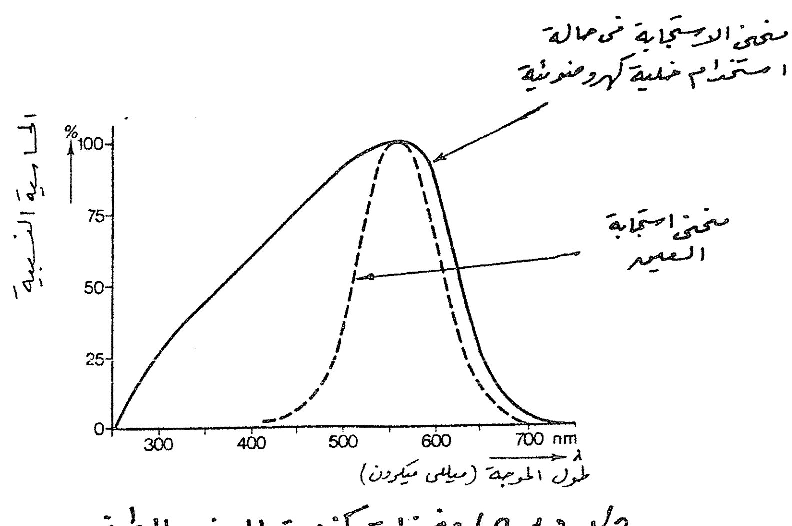
وأحد أنواع رأس الفوتومتر هو النوع الموضح فى شكل *(9-3)* والذى يتكون من عدد 2 مرآة موضوعتين خلف قطعة من ورق من نوع معين ، وعلى ذلك يتم رؤية الجانبين فى نفس الوقت .

ويمكن أن يكون الفوتومتر من النوع الآلى ، حيث يحتوى على مجموعة من المرايا تدور حول مصدر ضوئى يعكس الضوء فى إتجاه الخلية الضوئية ، وفى الأجهزة الحديثة يمكن الحصول على منحنيات توزيع شدة الإستضاءة لمستويات مختلفة .

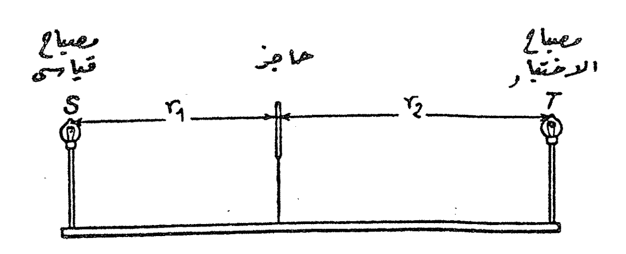
ويستخدم توزيع الضوء للحصول على كميات أخرى مثل الفيض الضوئى الكلى وعامل الإنتفاع وذلك بمساعدة الحاسب الآلى ، وعلى ذلك فمن المستحسن تسجيل النتائج المقاسة مباشرة على الحاسب الآلى .

2- الفيض الضوئي *Luminous Flux*

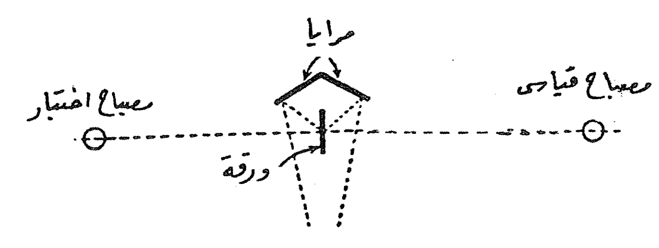
يمكن الحصول على الفيض الضوئى الكلى لمصدر ضوء من :



شكل (1-9) منحنيات كفاءة الضوء الطيفى



شكل (2-9) تمثيل لقانون التربيع العكسى



شكل (3-9) أحد أنواع رأس الفوتومتر

*الحساب من توزيع الضوء .

* القياس بإستخدام الفوتومتر ذى القراءة المباشرة .

أ) يتم الحساب عن طريق معادلة الفيض الضوئى الآتية :

$$\Phi = \Sigma I_{\Delta w} \, \Delta w \qquad .... (9\text{-}3)$$

حيث $I_{\Delta w}$ متوسط شدة الإستضاءة للزاوية الفراغية Δw .

ب) يعنى القياس بإستخدام الفتومتر ذى القراءة المباشرة بإستخدام الفوتومتر الكروى (*Sphere Photometer*) والذى يتكون من ، كما فى شكل (*9-4*) ، كرة مفرغة مدهونة داخلياً باللون الأبيض غير اللامع ، يعلق مصدر الضوء داخل الكرة ، يوجد أيضاً حاجز كما فى الشكل ، وتتناسب شدة الإضاءة مع الفيض الضوئى للضوء . بهذه الطريقة يمكن قياس الفيض الضوئى غير المعروف ويعاير الجهاز أولاً لضوء قياسى .

3- النصوع *Luminance (L)*

أبسط طريقة لقياس النصوع لسطح يشع ضوء أو لمصدر ضوء أن يغطى المصدر بمادة غير نفاذة وغير عاكسة مع ترك مساحة $1cm^2$ مفتوحة ، ثم تقاس شدة الإستضاءة I المشعة من خلال المساحة $1cm^2$ اللازم للحصول على نصوع بوحدات كندل/سم٢ .

أى أن :

$$L = \frac{I}{A} = \frac{Er^2}{A} \qquad .... (9\text{-}4)$$

حيث :

A = مساحة الفتحة .

r = المسافة من الفتحة وحتى نقطة القياس .

4- شدة الإضاءة *Illuminance (E)*

تقاس شدة الإضاءة بإستخدام جهاز قياس يحتوى على عناصر حساسة ضوئية (ويقيس بوحدات لومن/المساحة ، أو بوحدة اللاكس) . تولد الخلايا الضوئية جهد يتناسب مع كمية الطاقة المنبعثة من سطحها الحساس للضوء .

5- التوزيع الطيفي *Spectral Distribution*

يقاس التوزيع الطيفى بدلالة طول الموجة ، بإسخدام جهاز سبكتروفوتومتر *(Spectrophotometer)* (وهو منظار طيف ذو مقياس ضوئى كمّى للشدة النسبية بين أجزاء الطيف) . هذا الجهاز يقوم بكسر وحياد أطوال الموجات المختلفة للطيف بما يعرف بالأغطية البصرية والمنشورية *(Prisms and optical gratings)* ثم يجعلها موازية وتتمركز بواسطة العدسة أو المرآة .

تكمن أهمية هذا الجهاز فى إيجاد الطيف المرسل والمنعكس للمواد والطيف الموجود من مصادر الضوء .

أجهزة قياس الضوء :

تستخدم الخلايا الكهروضوئية *(Photoelectric cells)* بكثرة فى أجهزة قياس الضوء ، وتتكون الخلية ، كما فى شكل *(9-5)*أ ، من طبقة من مركب السيلينيم *(Selenium)* مجهز على قاعدة مصنوعة من الصلب. يرسب على طبقة السيلينيم شريحة معدنية موصلة شفافة ، والتى تعالج بالحرارة أولاً لتتحول إلى الحالة البلورية الحساسة ، لتسهيل التوصيل تضاف إلى السطح حلقة معدنية بالرش وتستخدم كأقطاب ، وفى النهاية ترش شريحة التوصيل ، بما فيها الحلقة ، بطبقة خفيفة شفافة من الورنيش .

عند سقوط ضوء على الخلية ، فإنه يسبب تحرك الالكترونات من سطح مركب السيلينيم ، والذى يعمل ككاثود حساس ضوئى . وتتجمع الالكترونات بواسطة الطبقة المعدنية الشفافة - وتمثل بالانود- وتمر إلى الدائرة الخارجية ، ويمثل هذا بمرور التيار فى دائرة مغلقة كما فى شكل *(9-5)*ب .

من خصائص الخلية أن العلاقة بين التيار والجهد تكون غير خطية ويمكن تمثيلها بموحد تيار *(Rectifier)* . وتعمل القاعدة الصلب كقطب موجب للخلية ، ويوجد تيار تسريب داخلى ، كما فى شكل *(9-5)*ب . وتتناسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة مع شدة الإضاءة *(Intensity of illumination)* ، بينما نجد أن تيار المخرج يتناسب مع الإضاءة *(Illumination)* فقط وذلك عندما تكون المقاومة الخارجية أقل من المقاومة الداخلية .

ومن مقننات الخلايا الضوئية القيم التالية :

تيار المخرج يتغير فى الحدود من *80-90 μA* إلى *130-140 μA* عند شدة إضاءة *40 Lm/ft2* ومقاومة خارجية *1600 ohm*

- جهاز فوتومتر كهروضوئى *Photoelectric Photometer*

يستخدم هذا الجهاز لقياس كمية الضوء الساقط على سطح ، ويتكون ، كما فى شكل *(9-6)* ، من خلية كهروضوئية مصنوعة من قاعدة من الصلب مغطاة بشريحة من السيلينيم ، وتشكل طبقة رقيقة جداً من الذهب فوق السيلينيم والذى يكون رفيع جداً حتى يمكن لأى ضوء ساقط على الخلية أن يخترق طبقة الذهب ليفصل الالكترونات داخل مادة السيلينيم ، هذه الالكترونات تمر بطبقة الذهب مسببة شحنة سالبة . تتصل الخلية بجهاز ميكروأميتر (Micro-ammeter) حساس وتدريجه بوحدات Lm/m^2 .

كما ذكر فى المقدمة فإنه عند إستخدام الخلايا الكهروضوئية كمقياس ضوئى يجب عمل تصحيح للحصول على إستجابة للطيف تكون قريبة جداً لعين الإنسان أو تستخدم لتحديد مقارنة للمصابيح المتشابهة الألوان.ونحصل على هذا التصحيح بإستخدام مرشحات إضاءة مناسبة . ويوضح شكل *(9-7)* منحنيات كفاءة الضوء الطيفى قبل وبعد تركيب المرشح للخلية الكهروضوئية .

وتوجد طرق مختلفة لقياس الضوء بإستخدام الخلايا الكهروضوئية منها :

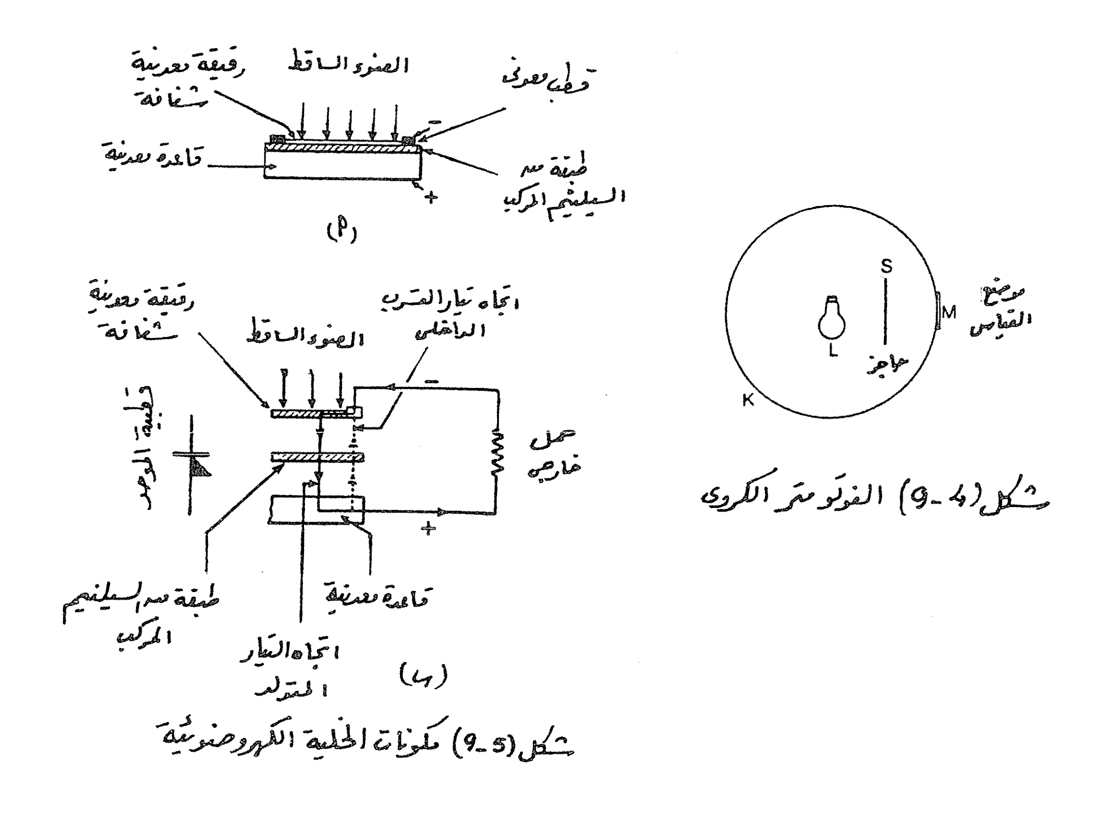
1- خلية كهروضوئية وقنطرة تكبير

Photoelectric cell with amplifier bridge

يوضح شكل *(9-8)* مكونات هذه الدائرة ، تحتوى الدائرة على صمامين من النوع المفرغ *(Vacuum tubes)* يتم التحكم فى إحداهما من شبكة الخلية الضوئية ، بينما يتحكم فى الآخر بواسطة البوتنشيومتر *(Potontiometer)* . بعد ضبط صفر الإتزان *(Zero balance)* فإن ضبط البوتنشيومتر ، الذى يحفظ إتزان القنطرة ، يتناسب مع الضوء الحادث على الخلية الضوئية .

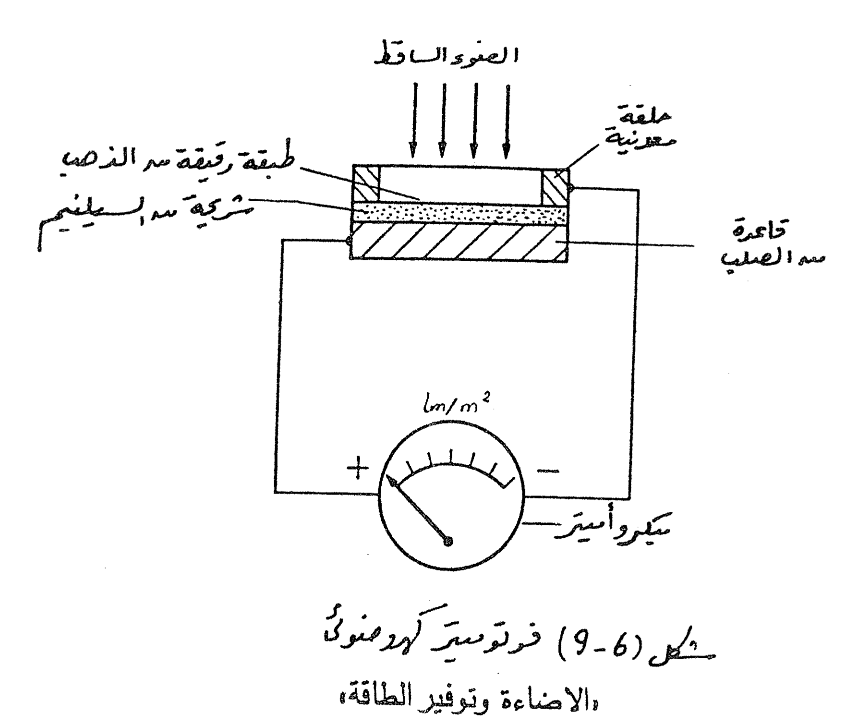
2- خلية ضوئية متعددة *Multiplier Photocell*

يوضح شكل *(9-9)* دائرة مقياس الضوء بإستخدام خلية ضوئية متعددة ، تعتمد هذه

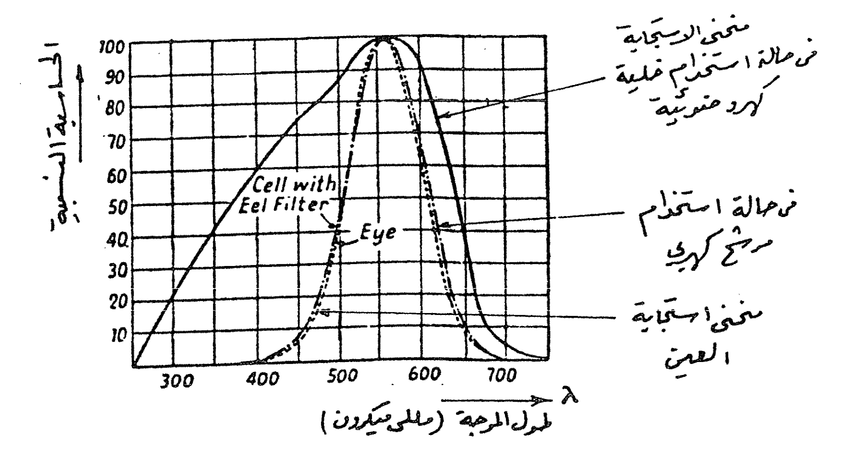


شكل (5-9) مكونات الخلية الكهروضوئية

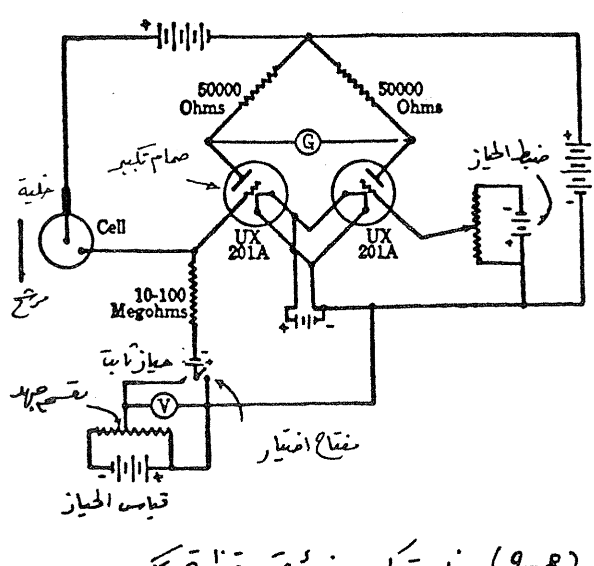
شكل (4-9) الفوتومتر الكروي



شكل (6-9) فوتوميتر كهروضوئي



شكل (٩-٧) منحنيات كفاءة الضوء الطيفي



شكل (٩-٨) خلية كهروضوئية وقنطرة تكبير

الدائرة على الإتزان الناشئ بين هبوط الجهد الحادث بواسطة مرور تيار الأنود فى المقاومة الثابتة وبين الجهد المختار من البوتنشيومتر الموجود على مصدر جهد الأنود *(Anode Voltage)* . يهمل تيار الإظلام *(Dark current)* ، الحادث فى الخلايا الكهروضوئية ، ويتناسب ضبط البوتنشيومتر مع شدة الإضاءة الساقطة على الكاثود . ويساعد وجود منظم ضوء قزحى *(Iris diaphragm)* بين الخلية الضوئية ومصدر الضوء على تقليل شدة إضاءة الخلية إلى النقطة التى تعمل فى مدى البوتنشيومتر . وبإختيار قيمة مقاومة الأنود يمكن إستخدام الجهاز لقياس القيم المنخفضة لشدة الإضاءة .

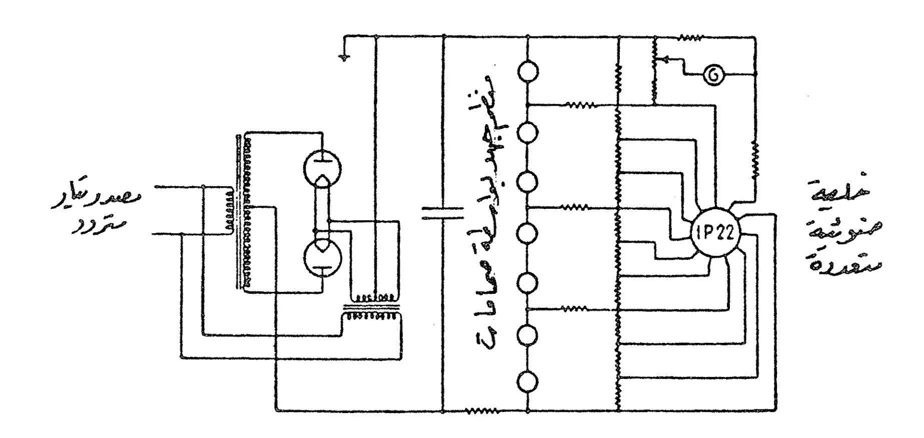
– مقياس كهروضوئى بمرآة تدور ومصباح للمقارنة

يوضح شكل *(9-10)* مكونات هذا المقياس ، والذى يحتوى على مصدرى ضوء ينير كل منهما الخلية الضوئية على التوالى . عادة ، يتحرك أحد المصدرين بالنسبة للخلية الضوئية ليحدث حالة إتزان لشدة الإضاءة ، ويدور القرص ، والذى نصفه عبارة عن مرآة ، فى نفس مستوى إنعكاس ضوء أحد المصدرين من المرآة إلى الخلية الضوئية ، بينما يمر ضوء المصدر الآخر من خلال الجزء النقى من القرص مباشرة إلى الخلية الضوئية ، ولذا من الضرورى إحداث تزامن لتشغيل الأجزاء الميكانيكية فى دائرة الجلفانومتر عند دوران القرص .

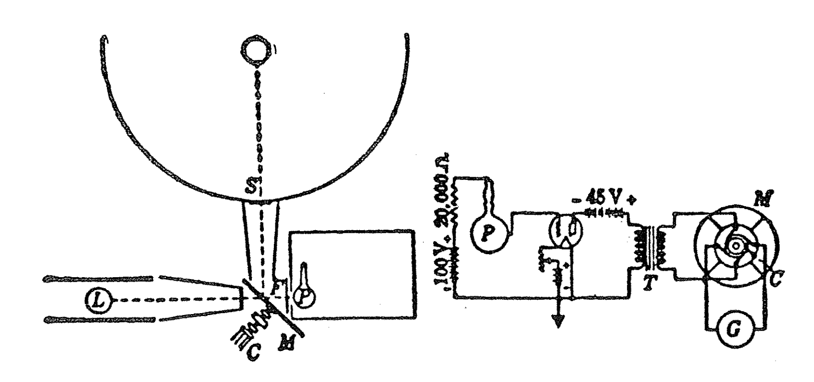
ويمكن الحصول على بيان للمسافة بين الخلية الضوئية والمصباح المتحرك أو من حاجز الإنتشار الموجود خلف الخلية وحتى المصباح .

– مقياس النصوع

يوضح شكل *(9-11)* مكونات جهاز مقياس النصوع . تدهن الكرة من الداخل بدهان أبيض غير نفاذ وتحتوى الكرة على نافذة من الزجاج ، والمصباح الداخلى أما قياسى أو للإختبار . يحتوى «رأس الفوتومتر» على مرآة فى وضع يسمح بإنعكاس الضوء من نافذة الكرة إلى المنشور المركب داخل مقياس الفوتومتر ، ونحصل على الإتزان بإستخدام مصباح مقارنة على الجانب الآخر للفوتومتر . وللحصول على الإتزان (بتحريك المصباح المقارن) أولاً من المصباح القياسى بداخل الكرة ثم من مصباح الإختبار ، ويتناسب مربع المسافة من المصباح المقارن وحتى رأس الفوتومتر



شكل (٩-٩) خلية كهروضوئية متعددة



شكل (١٠-٩) مقياس كهروضوئي بمرآة تدور ومصباح للمقارنة

عكسياً مع متوسط الشدة الدائرية للمصباح (والتى تساوى الفيض المشع الكلى / الزاوية الفراغية الكلية) .

- جهاز مكبث *(Macbeth)* لقياس شدة الإضاءة

يستخدم هذا الجهاز لقياس شدة الإضاءة ويعتمد على قانون التربيع العكسى . ويتكون الجهاز ، كما فى شكل *(12-9)* من :

H : منشور مركب

T : تليسكوب

P : أنبوبة

A : شاشة أو حاجز من زجاج الأوپال

L : مصباح

S : التدريج

R : تروس

يقيس الجهاز شدة الإضاءة فى الحدود من *1* إلى *25* قدم شمعة *(Fc)*

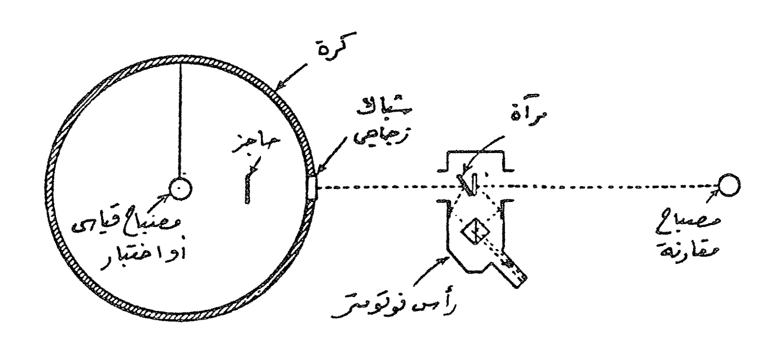
ويمكن بإستخدام مرشحات الحصول على حدود قياس للجهاز من *0.01* إلى *10,000* قدم شمعة . ويحتاج الجهاز إلى معدات مساعدة مثل بطارية ومقاومة متغيرة وأميتر لأجزاء القياس .

ويوضح شكل *(13-9)* جهاز لقياس الضوء والذى يكون مناسباً لقياس شدة الإضاءة بالطرق وكذلك داخل المبانى . ويحتوى الجهاز على خلية كهروضوئية من طبقات السيلينيم ومبين بمؤشر لقراءة شدة الإضاءة على أى من التدريجات الآتية :

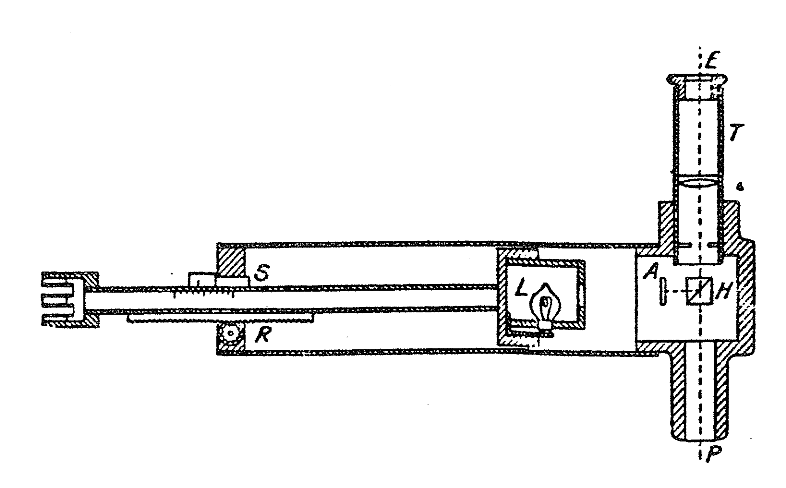
0-5 lux, 0-50 lux, 0-150 lux, 0-1000 lux

وعند إستخدام الجهاز توضع الخلية الكهروضوئية على مسافة من مبين القراءة ، وبذلك لا يؤثر وجود مشغل الجهاز على الضوء الساقط على الخلية الحساسة للضوء .

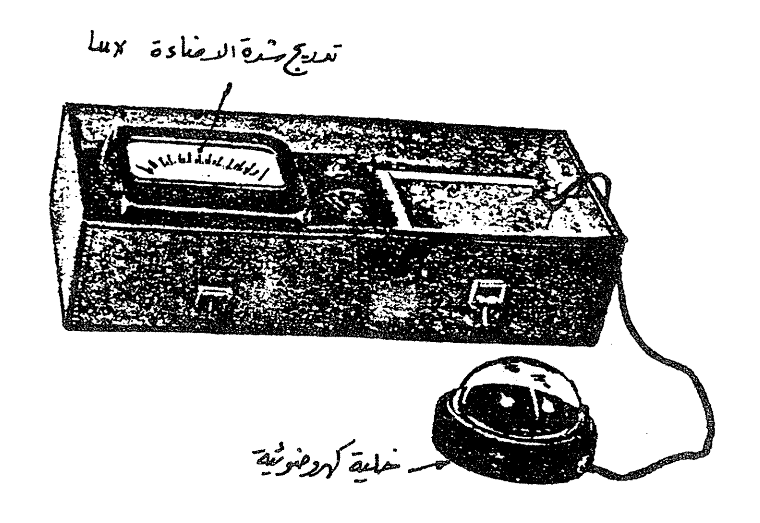
يبين شكل *(14-9)* جهاز حديث لقياس الضوء. يناسب جميع القياسات الداخلية والخارجية فى حدود درجات الحرارة من $+40°C$ إلى $-10°C$. ويتكون الجهاز من



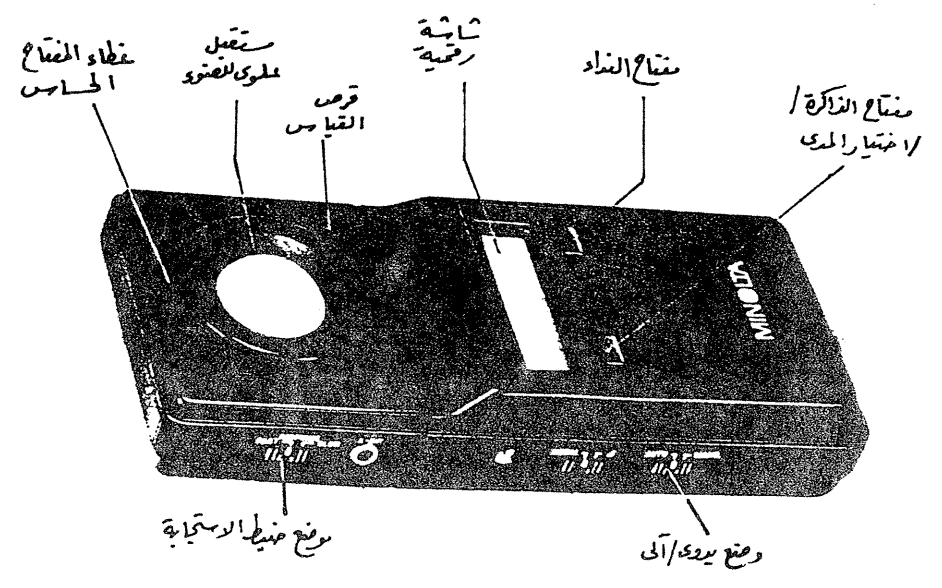
شكل (11-9) مقياس الضوء



شكل (12-9) جهاز "ماكبث" لقياس شدة الاضاءة



شكل (9-13) جهاز قياس الضوء (Lux)



شكل (9-14) جهاز قياس الضوء

خلية كهروضوئية من السيليكون عالى الحساسية وشاشة رقمية وميكروكمبيوتر . ويمتاز الجهاز بدرجة دقة عالية جداً .

ويوضح شكل *(9-15)* جهاز حديث جداً لقياس النصوع بوحدات cd/m^2 أو وحدات *(Foot Lambert) FL* ويمتاز بمدى قياس كبير جداً يتراوح بين *0.01* إلى *999900* cd/m^2 . ويمكن قياس النصوع إما كقيمة مطلقة أو كنسبة مئوية أو أقصى نسبة مئوية. يوضح الشكل النظام البصرى للجهاز عند سقوط الضوء على عدسة الشيئية *(Objective Lens)* L_1 يمر الضوء من الفتحة S_1 ثم ينعكس جزء صغير جداً منه إلى أسفل من خلال المرآة *(M)* بينما يمر الجزء الأكبر منه إلى القاطع *(Chopper) C* ، ثم إلى مصد المجال *(Field Stop)* S_2 ، إلى مرشح تصحيح الإستجابة *(F)* ، وأخيراً يسقط على خلية السيليكون الكهروضوئية *(D)* والتى تحول الضوء إلى قيمة تيار كهربى . أما جزء الضوء المنعكس إلى أسفل فيمر على المنشور *P* ثم إلى حاجز تركيز البؤرة *G* لتشكيل صورة تعين المنظر .

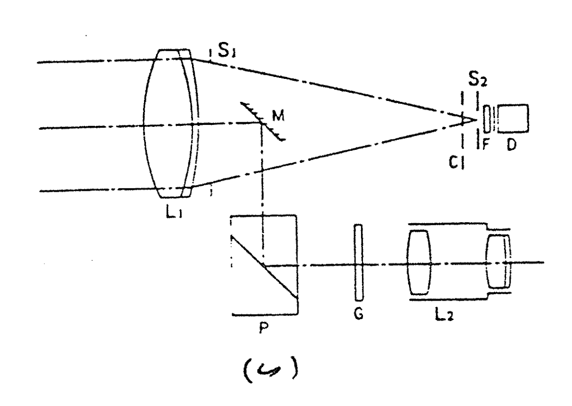
تدريج ضبط المسافة

شاشة العرض

مفتاح

مفتاح تشغيل

(أ)



(ب)

شكل (9-15) جهاز قياس الضوء

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

"الاضاءة وتوفير الطاقة"

الباب العاشر

تحسين معامل قدرة المصابيح

نتيجة إستخدام ملف الحد من قيمة التيار المار بالمصباح ، فإن مفاعلة الملف تنتج مركبة تيار غير فعالة تؤدى إلى أن يكون معامل قدرة وحدة الإضاءة (المصباح والملف) حوالى *0.4-0.6* ولذا يحتاج إلى تعويض مركبة التيار غير الفعالة بتوصل مكثف على التوالى أو على التوازى . ومن المصابيح التى تحتاج لإستخدام مكثفات تحسين معامل القدرة : مصابيح الفلورسنت ـ مصابيح بخار الزئبق عالى الضغط ـ مصابيح بخار الصوديوم .

المصابيح الفلورسنت :

يمكن توصيل المكثف مع مصابيح الفلورسنت بأحد الطرق التالية :

* توصيل مكثف على التوازى :

يتم توصيل المكثف على التوازى مع مصدر التغذية ، كما فى شكل *(10-1)* ، وفى هذه الحالة يتحمل المكثف جهد مصدر التغذية وهو *220* ڤولت .

بعض أنواع مكثفات التوازى تجهز بمقاومة صغيرة القيمة متصلة على التوازى ، يكون الغرض منها التخلص من التوافقية الثالثة للتيار .

* توصيل مكثف على التوالى :

يتم توصيل المكثف على التوالى مع ملف كبح التيار ، ويمتاز المكثف ، فى هذه الحالة ، فى أنه يساعد فى عملية بداية تشغيل المصباح بالإضافة إلى أنه يساعد فى إخماد التيارات المتداخلة . ويجب أن يتحمل المكثف جهد مقنن حوالى *400* ڤولت لمصدر تغذية *220* ڤولت

* توصيل مكثف فى دائرة شبه الرنين :

فى هذه التوصيلة لا يحتاج المصباح إلى مبدئ تشغيل ، كما فى شكل *(10-2)* ، يتكون الكابح من ملفين ، الملف الثانى معاكساً للملف الأول ، وقيمة حث كليهما متساوية تقريباً ، ويكون الجهد الثانوى فى إتفاق مرحلى *(in-phase)* مع ، ويضاف الى ، جهد المكثف ولذا فإن الجهد الرئيسى يزيد من *240* ڤولت إلى حوالى *380* ڤولت

يتأثر الرنين ، ويكون معامل القدرة فى هذه الحالة *0.95* (متأخر) .

يوضح جدول *(10-1)* سعوية مكثفات تحسين معامل القدرة للمصابيح الفلورسنت جهد *220V* بينما يوضح جدول *(10-2)* سعة مكثفات تحسين معامل القدرة للمصابيح الفلورسنت جهد *110, 220V* . ويمكن وصول معامل القدرة الى قيمة تساوى واحد بإستخدام هذه القيم . وعادة ، تستخدم المصابيح الفلورسنت فى شكل مجموعات ولذلك يمكن استخدام مكثفات تحسين معامل القدرة لمجموعة من المصابيح ، فمثلاً وبإستخدام جدول *(10-2)* لمبنى يحتوى على بيان المصابيح الآتية :

عدد *5* مصابيح فلورسنت قدرة المصباح *20W* ويحتاج كل مصباح إلى *80 Var*

عدد*20* مصباح فلورسنت قدرة المصباح *40W* ويحتاج كل مصباح إلى *70 Var*

عدد*20* مصباح فلورسنت قدرة المصباح *65W* ويحتاج كل مصباح إلى *110 Var*

ومن ثم فإن سعة المكثفات المطلوبة هى :

$$(5 \times 80) + (20 \times 70) + (20 \times 110) = 4000\ Var = 4\ Kvar$$

أى يمكن استخدام مجموعة من مكثفات سعة *4 Kvar* لتحسين معامل القدرة لإضاءة هذا المبنى . وإذا كانت الإضاءة موزعة ومغذاه من مصدر ثلاثى الأوجه *380V* فإنه يفضل إستخدام مكثفات منفصلة على شكل دلتا *(Delta)* جهد *380V* عن إستخدام مكثفات أحادية الوجه جهد *220V* (حيث تكون أقل تكلفة) .

جدول *(10-1)* سعوية مكثفات تحسين معامل القدرة للمصابيح الفلورسنت .

مقنن قدرة المصباح *w*	سعوية المكثف *μF*
20	-
22	3.0
25	3.5
32	4.5
40*	4.5
40**	6.0
65	7.0

* أنبوبة مستطيلة بطول *120cm* ** أنبوبة مستطيلة بطول *97cm*

جدول (10-2) سعوية مكثفات تحسين معامل القدرة للمصابيح الفلورسنت .

الجهد المقنن volt	مقنن قدرة المصباح w	سعة المكثف Var
110	20	30
220	10	30
	2 x 15 توصيل توالى	55
	16	40
	20	80
	25	55
	30	70
	2 x 20 توصيل توالى	70
	65	110

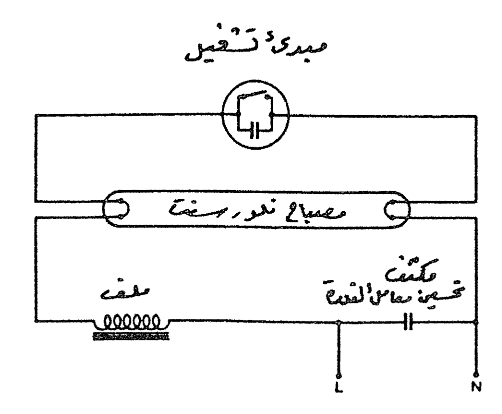
مصابيح بخار الزئبق عالي الضغط :

قيمة معامل قدرة مصباح بخار الزئبق عالى الضغط تكون عادة حوالى 0.6 ويتم تحسينها إلى 0.9 بإستخدام مكثفات تحسين معامل القدرة حسب القيمة المبينة بالجدولين (4-10) ,(3-10) .

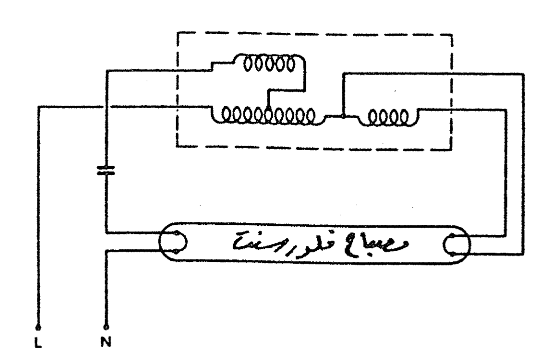
ويوضح شكل (3-10) توصيل مكثف تحسين معامل القدرة على التوازى مع مصدر التغذية ويتصل كابح التيار والمصباح على التوالى وهى التوصيلة التقليدية لمصابيح بخار الزئبق فيما عدا المصابيح ذات قدرة 2000W فإنها توصل كما فى شكل (4-10) .

مصابيح بخار الصوديوم :

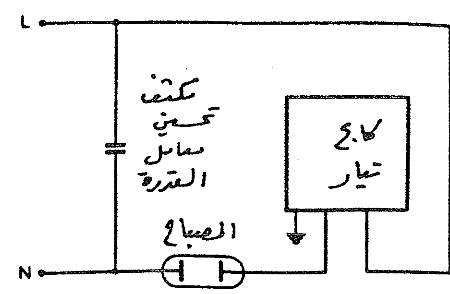
نتيجة الإختلاف الكبير بين جهد التشغيل وجهد بداية التشغيل لمصابيح بخار الصوديوم فإنه يتم استخدام محول ذاتى (Auto transformer) والذى يعمل أيضاً كملف كابح للتحكم فى تيار المصباح . وبإضافة مكثف من 10 μF إلى 15 μF يمكن تحسين معامل القدرة من 0.4 الى 0.9 بينما بإتباع الجدولين (6-10) ,(5-10) يمكن



شكل (١٠-١) تحسين معامل القدرة لمصباح الفلورسنت
يعمل بملف كابح



شكل (١٠-٢) تحسين معامل القدرة لمصباح فلورسنت
يعمل بدائرة شبه الرنين



شكل (١٠-٣) تحسين معامل القدرة لمصباح بخار الزئبق
عالي الضغط

الوصول الى معامل قدرة يساوى الوحدة .

وتوضح الأشكال (10-7), (10-6), (10-5) توصيل مكثفات تحسين معامل القدرة لمصابيح بخار الصوديوم .

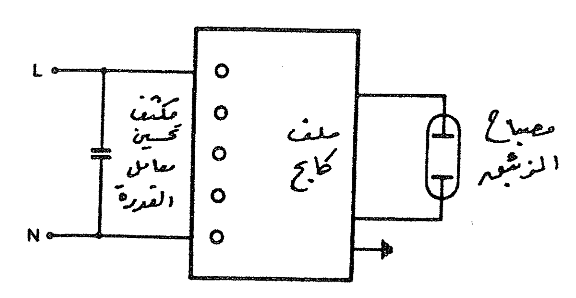
مصابيح هاليد / الزئبق :

تعامل بنفس طريقة مصابيح بخار الزئبق . وتوضح الأشكال (10-8), (10-7), (10-9) توصيل مكثفات معامل القدرة على التوازى مع مصدر التغذية .

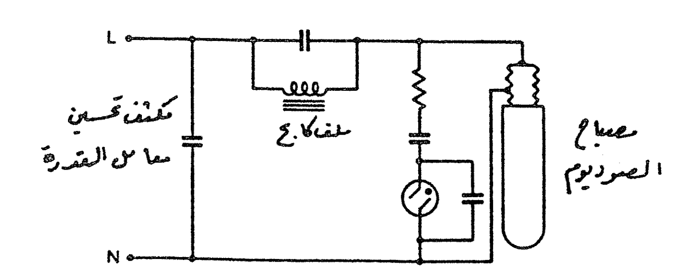
جدول (10-3) سعوية مكثفات تحسين معامل القدرة لمصابيح بخار الزئبق عالى الضغط .

مقنن قدرة المصباح W	سعوية المكثف μF
50	7
80	8
125	10
250	18
400	2 x 13.5
700	2 x 20
1000	3 x 20
2000*	37

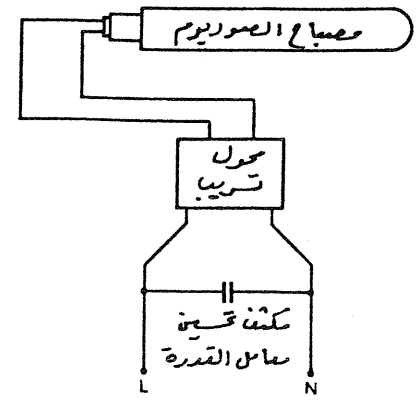
*الجهد المقنن 380v



شكل (10-4) تحسين معامل القدرة لمصباح بخار الزئبق عالى الضغط 2000 وات



شكل (10-5) تحسين معامل القدرة لمصباح الصوديوم يعمل بملف كابح



شكل (10-6) تحسين معامل القدرة لمصباح الصوديوم بدائرة بداية عبارة عن محول تسريب.

جدول (10-4)سعة مكثفات تحسين معامل القدرة لمصابيح بخار الزئبق عالى الضغط .

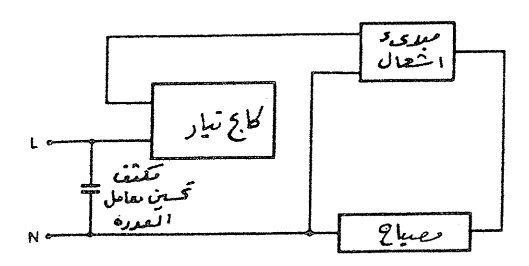
مقنن قدرة المصباح W	سعة المكثف Var
50	105
80	125
125	155
250	280
400	385
1000	920

جدول (10-5)سعوية مكثفات تحسين معامل القدرة لمصابيح بخار الصوديوم .

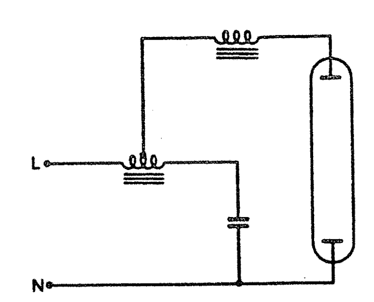
مقنن قدرة المصباح W	سعوية المكثف μF
35	20
55	20
90	2 x 13.5
135	2 x 13.5
180	(1 x 20) + (1 x 25)

جدول (10-6)سعة مكثفات تحسين معامل القدرة لمصابيح بخار الصوديوم .

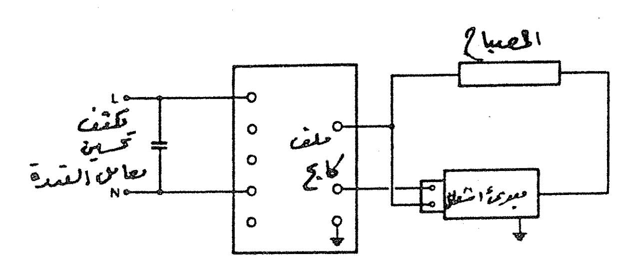
مقنن قدرة المصباح W	سعة المكثف Var
45	350
60	355
85	360
140	380



شكل (١٠-٧) تحسين معامل القدرة لمصباح هاليد/زئبق أو مصباح بخار الزئبق التي تعمل بملف كابح تيار



شكل (١٠-٨) تحسين معامل القدرة لمصباح هاليد/زئبق يعمل بملف كابح تيار بنقط تقسيم



شكل (١٠-٩) تحسين معامل القدرة لمصباح هاليد/زئبق بقدرة 2000 وات

الباب الحادى عشر

المصابيح الموفرة للطاقة

Energy Saving Lamps

بدأ التفكير فى توفير طاقة الإضاءة مع بدء إنتاج المصابيح الفلورسنت ، والتى تطورت تطوراً كبيراً جداً فى السنوات العشر الماضية وخاصة المادة الفوسفورية والملفات الكابحة الكهرومغناطيسية والالكترونية وقد صحب ذلك خفضاً ملحوظاً فى التكلفة .

وبمقارنة المصابيح المتوهجة والمصابيح الفلورسنت من الجدولين أرقام *(11-1)*, *(11-2)* ومن الشكلين *(11-2)*, *(11-1)*) يتضح أن :

* تتراوح كفاءة المصابيح الفلورسنت من ثلاثة إلى خمسة أضعاف كفاءة المصابيح المتوهجة .

* يزيد العمر الإفتراضى للمصابيح الفلورسنت من *7*إلى *20* مرة عن العمر الإفتراضى للمصابيح المتوهجة .

* الكفاءة الضوئية لمخرج المصابيح الفلورسنت ذات القدرات *40, 20* وات حوالى من *45*إلى *80* لومن/وات (فى حالة عدم استخدام ملف كابح التيار)بينما تكون من *35* الى *60* لومن/وات (فى حالة استخدام ملف كابح التيار) وهى أعلى كفاءة من المصابيح المتوهجة .

مصابيح الفلورسنت العادية طراز *T.L*

من أوائل المصابيح الفلورسنت المنتجة والشائعة الاستخدام وبياناتها كالآتى :

قطر الأنبوبة : *38mm* وأطوالها : *60cm* أو *120cm* أو *150cm* ، وقدرتها *20W* ، *40W* ، *65W* على التوالى .

مصابيح الفلورسنت الانبوبية الموفرة للطاقة

أ) مصابيح فلورسنت أنبوبية مستقيمة طراز *T.L.D* بقطر *26mm*

يوضح شكل *(11-3)*أ مصابيح فلورسنت ذات أنبوبة مستقيمة موفرة للطاقة لها قطر

26mm وبأطوال مختلفة ، ويوضح جدول (11-3) المقننات الفنية لبعض هذه المصابيح ، والتى تمتاز بالآتى :

* تعطى نفس شدة إضاءة المصباح الفلورسنت طراز T.L

* توفر الطاقة بنسبة 10%

* توفر فى المساحة اللازمة للتخزين لصغر قطرها الزجاجى بالنسبة للأنواع الأخرى العادية

* عمرها يزيد عن 7000 ساعة تشغيل

* لا تتأثر بإرتفاع درجة الحرارة

* تركب المصابيح التى لها نفس الطول من طراز T.L.D أو T.L فى نفس التجهيزات وبدون أى تغيير

ويوضح جدول (11-4) مقارنة بين المصابيح الفلورسنت طراز T.L ، T.L.D

ب) مصابيح فلورسنت دائرية موفرة للطاقة

يوضح شكل (11-3)ب وجدول (11-5) المقننات الفنية لهذا النوع

ج) مصابيح فلورسنت حرف U موفرة للطاقة

يوضح شكل (11-3)ج وجدول (11-6) المقننات الفنية لهذا النوع

د) مصابيح فلورسنت مستقيمة بقطر 16mm وقطر 7mm

والتى تعرف أيضاً بالمصابيح الفلورسنت النحيفة (Slim) وتمتاز بأنها توفر فى الطاقة المستهلكة بحوالى 25% بالمقارنة بالطاقة المستهلكة للمصباح الفلورسنت بقطر 26mm ولنفس القدرة .

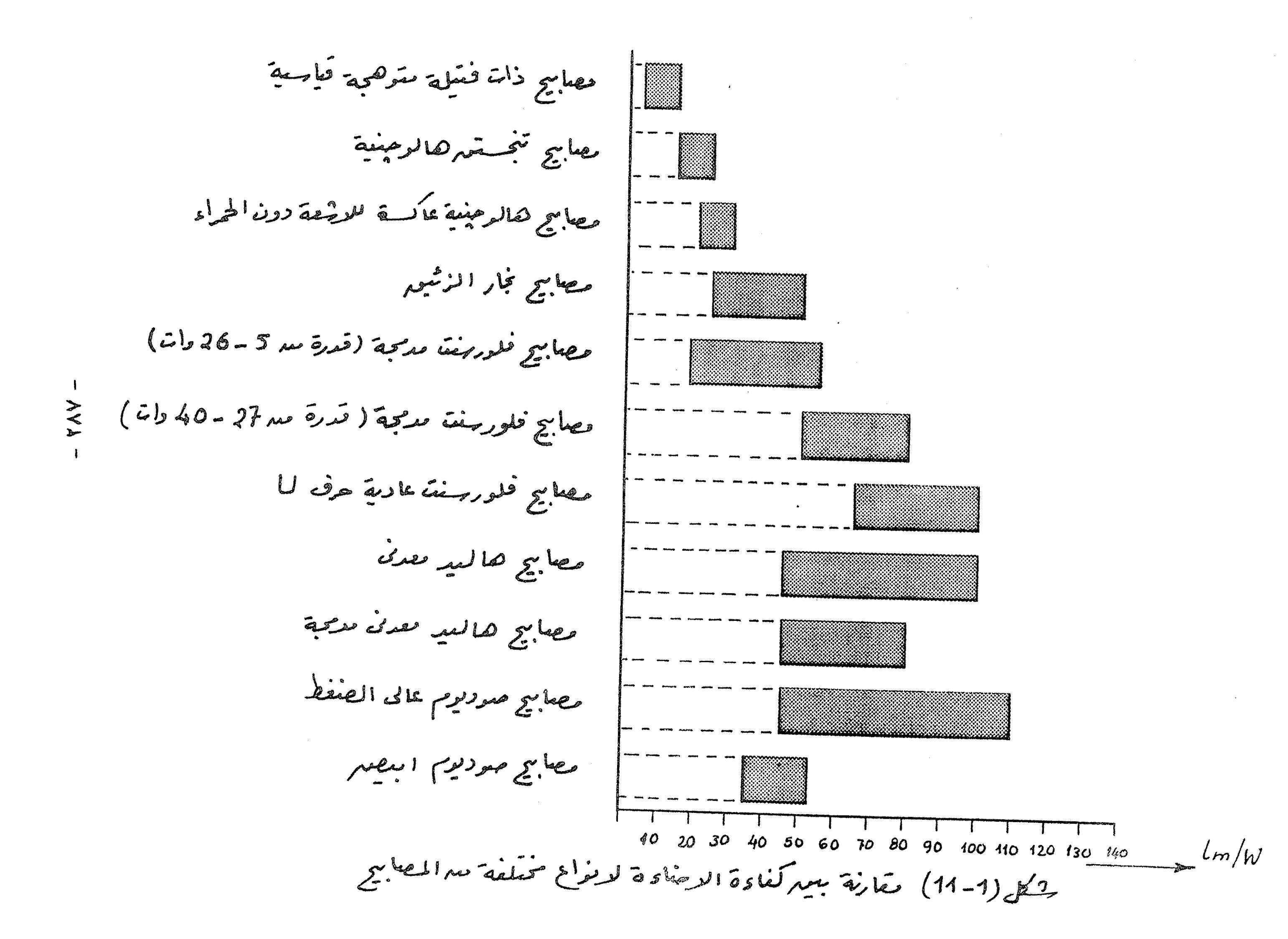
يوضح جدول (11-7) خصائص بعض أنواع هذه المصابيح بقطر 16mm ، بينما يوضح جدول (11-8) خصائص بعض أنواع هذه المصابيح بقطر 7mm

جدول (11-1-1) مقارنة بين خصائص مصباح فتيلة التنجستن والفلورسنت .

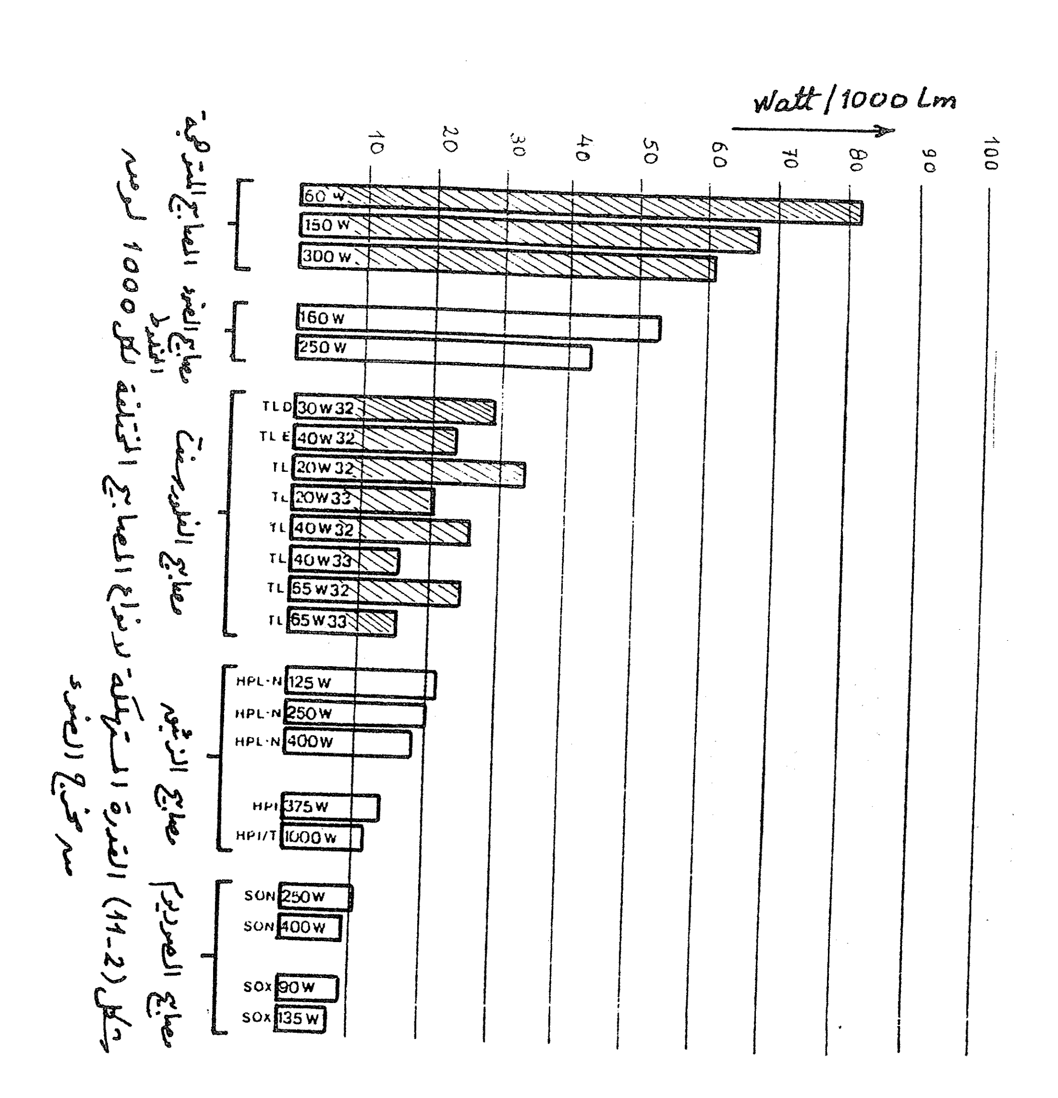
م	مصباح فتيلة التنجستن	مصباح فلورسنت تقليدى
1	الضوء قريب من الضوء الطبيعى	بعض الأنواع لها ضوء قريب من الضوء الطبيعى
2	يمكن تميز اللون الحقيقى للأشياء	لا يمكن تميز اللون الحقيقى للأشياء
3	تكاليف أولية منخفضة	تكلفة أولية مرتفعة
4	عمر التشغيل حوالى 1000 ساعة	عمر التشغيل حوالى 4000 ساعة
5	تكاليف صيانة مرتفعة	تكاليف الصيانة منخفضة
6	لها نصوع عالى	لها ضوء بارد وهادئ
7	ينخفض مخرج الضوء بالتقادم	ينخفض مخرج الضوء بالتقادم
8	فقد نتيجة الإشعاع الحرارى	بإنخفاض درجة الحرارة تقل مفقودات الإشعاع
9	كفاءة ضوئية منخفضة	كفاءة ضوئية عالية حوالى 40Lm/w
10	إنخفاض كفاءة الضوء بسبب الزجاج الملون فى حالة الإضاءة الملونة	لا تتأثر الكفاءة الضوئية ، حيث أن اللون يعتمد على الغاز
11	لا يوجد أثر للإرتعاش	بها أثر إرتعاش

جدول *(2-11)* مقارنة بين المقننات الفنية للمصابيح المتوهجة والفلورسنت .

نوع المصباح	كفاءة الإضاءة Lm / w		متوسط النصوع cd / m2
المصابيح المتوهجة			
– فتيلة كربون	3		52
– فتيلة تنجستن			
* مفرغ	10		70
* مملوء بالغاز	20		200
* للعرض	26		2400
* مسنفرة داخلياً	14		12
* مفضضنة	14		3
* ضوء غامر / هالجون	22		--
* للعرض / هالجون	30		--
المصابيح الفلورسنت	بدون كابح تيار	فى وجود كابح تيار	
النوع القياسى قدرة 40w			
اللون : 27, 37, 47, 57	44	34	0.4
29	77	59	0.7
32, 34, 55	49	39	0.45
33	80	62	0.74
54	65	50	0.55
84	80	62	0.75



شكل (١-١١) مقارنة بين كفاءة الاضاءة لانواع مختلفة من المصابيح



شكل (2-11) القدرة المستهلكة لانواع المصابيح المختلفة لكل 1000 لومن من خرج الضوء

جدول *(3-11)* المقننات الفنية لبعض مصابيح الفلورسنت الموفرة للطاقة بقطر *26mm*

المصباح الفلورسنت	القدرة watt	الطول mm	الفيض الضوئى Lm	اللون
شكل *(3-11)* أ-أ	18	590	1100	أبيض عادى
			1150	أبيض بارد
			1150	أبيض دافئ
شكل *(3-11)* أ-هـ	36	1200	2600	أبيض عادى
			2850	أبيض بارد
			2850	أبيض دافئ
شكل *(3-11)* أ-و	58	1500	4100	أبيض عادى
			4600	أبيض بارد
			4600	أبيض دافئ

جدول *(4-11)* مقارنة بين المصابيح الفلورسنت التقليدية والفلورسنت الموفرة للطاقة .

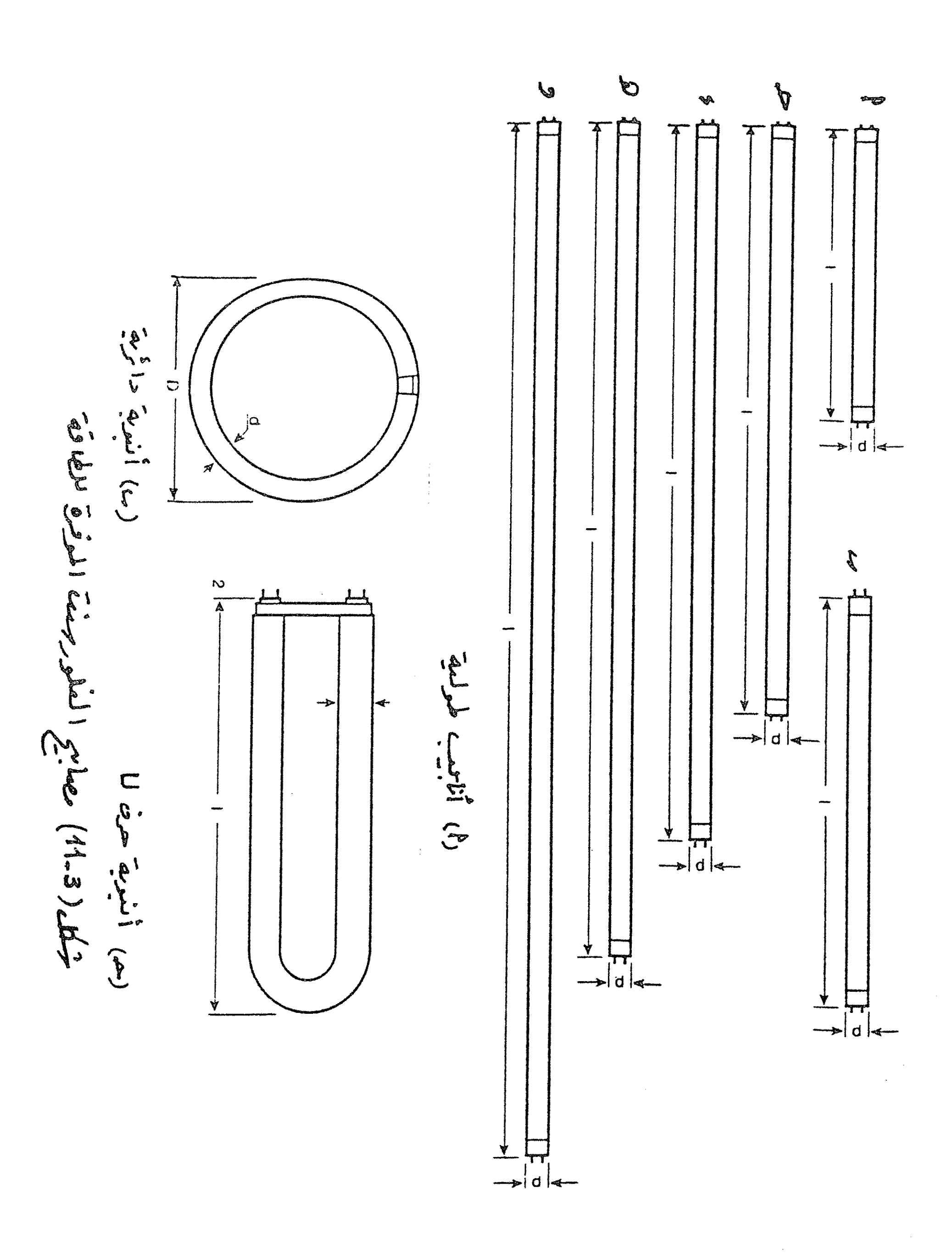
درجة اللون	طول الأنبوبة cm	اللومن	الطراز	القطر mm	القدرة watt
لون ضوء النهار 54	60	1020	T.L	38	20
			T.L.D	26	18
	120	2500	T.L	38	40
			T.L.D	26	36
	150	4000	T.L	38	65
			T.L.D	26	58
اللون الأبيض 33	60	1150	T.L	38	20
			T.L.D	26	18
	120	3000	T.L	38	40
			T.L.D	26	36
	150	4800	T.L	38	65
			T.L.D	26	58

جدول (11-5) مقننات مصابيح فلورسنت دائرية موفرة للطاقة .

قدرة المصباح watt	القطر الخارجى للمصباح D(mm)	قطر الانبوبة d(mm)	الفيض الضوئى Lm	اللون
22	216	29	1350	أبيض بارد
			1000	أبيض عادى
32	307	30	2050	أبيض بارد
			1700	أبيض عادى
			2000	أبيض دافئ
40	409	30	2900	أبيض بارد
			2300	أبيض عادى
			2800	أبيض دافئ

جدول (11-6) مقننات مصابيح فلورسنت على شكل حرف U موفرة للطاقة .

قدرة المصباح watt	الطول L(mm)	قطر الانبوبة d(mm)	الفيض الضوئى Lm	اللون
20	310	38	950	أبيض عادى
40	570	38	2800	أبيض بارد
			2800	أبيض دافئ
			2300	أبيض عادى
	607		2400	أبيض عادى
			2700	أبيض دافئ
65	570	38	4300	أبيض بارد
			3400	أبيض عادى
	765		3900	أبيض عادى
			4500	أبيض دافئ



شكل (3-11) مصابيح الفلورسنت الموفرة للطاقة

جدول *(7-11)* خصائص المصابيح الفلورسنت بقطر *16mm*

القدرة watt	طول الأنبوبة mm	الفيض الضوئى Lm	اللون
4	136	120	أبيض عادى
6	212	240	أبيض عادى
6	212	220	أبيض دافئ
8	288	330	أبيض عادى
8	288	300	ضوء النهار
8	288	450	أبيض بارد
13	517	700	أبيض عادى
13	517	600	أبيض دافئ
13	517	950	أبيض بارد

جدول *(8-11)* خصائص المصابيح الفلورسنت بقطر *7mm*

القدرة watt	طول الأنبوبة mm	الفيض الضوئى Lm	اللون
6	218.5	330	أبيض دافئ
8	320.0	540	أبيض دافئ
11	421.6	750	أبيض دافئ
13	523.0	930	أبيض دافئ

مصابيح فلورسنت مدمجة *Compact Fluorescent Lamps*

فى السنوات القليلة الماضية أنتجت مصابيح فلورسنت صغيرة الحجم أطلق عليها المصابيح المدمجة تعمل إما بكابح تيار تقليدى أو بكابح تيار الكترونى وتمتاز بأن لها لون ممتاز واستخدمت كبديل جيد للمصابيح المتوهجة منخفضة الكفاءة . يوجد منها أنواع متعددة إما من النوع ذى رأس المصباح (الدواة) الغير تقليدى (كما فى شكل

(11-5) أو ذى دواة من النوع اللولبى أو ذى المسمارين . أيضاً يحتوى المصباح على شمعتين أو ثلاثة أو أربعة تبعاً لقدرة المصباح .

يوضح شكلى (11-4) و (11-5) أنواع مختلفة لمصابيح الفلورسنت المدمجة .

بينما يوضح شكل (11-6) مقاسات لأحد الأنواع بدواة من النوع اللولبى وآخر ذى المسمارين .

عموماً يصدر الضوء عن هذه المصابيح بنفس فكرة المصابيح الفلورسنت التقليدية ذات تفريغ غاز ضغط منخفض ، حيث يمر التيار الكهربى بين قطبيندداخل الأنبوبة .

يحث الكاثود ذرات الزئبق لبعث إشعاعات فوق بنفسجية بموجات قصيرة والتى تتحول إلى ضوء مرئى من خلال مسحوق الفلورسنت الداخلى والذى يمتاز بمقدرته على تحويل الإشعاعات فوق البنفسجية إلى إشعاعات مرئية . يوضح شكل (11-7) هذه الفكرة .

وتمتاز هذه المصابيح أنها تحتاج ، لتنتج الضوء ، إلى حوالى 1/4 الطاقة الكهربائية التى تحتاجها المصابيح المتوهجة لإصدار نفس الضوء (وتنخفض إلى 1/5 بإستخدام كابح تيار الكترونى) .

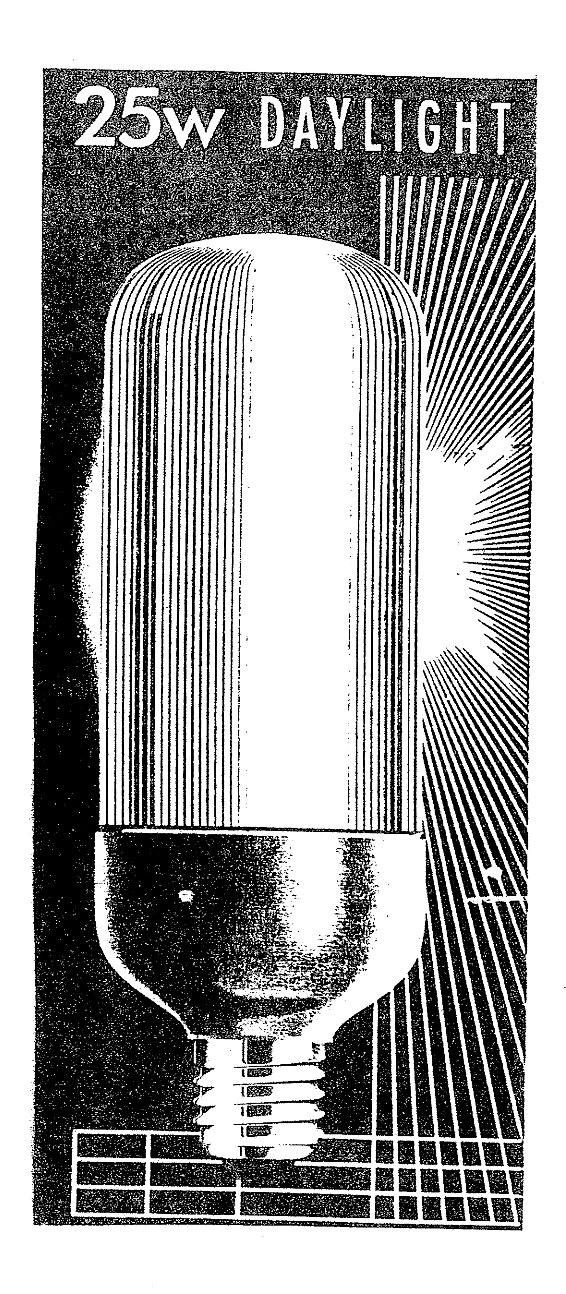
– مصابيح فلورسنت مدمجة تعمل بكابح تيار مغناطيسى :

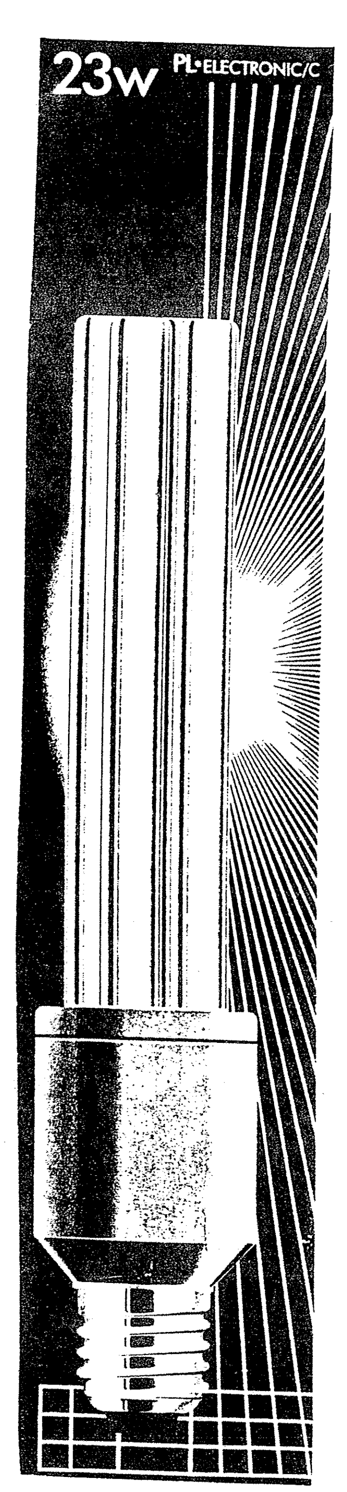
يوضح شكل (11-8) مصباح فلورسنت مدمج طراز ديلوكس D والذى يمتاز بالخصائص التالية :

* القدرة المستهلكة تتراوح من 1/4 إلى 1/5 من قدرة المصباح المتوهج .
* توزيع شدة إضاءة متماثلة كما فى المصابيح المتوهجة .
* خصائص دليل الوان ممتاز مع ضوء دافئ هادئ .
* متوسط عمر المصباح ثمانية أمثال المصباح المتوهج .

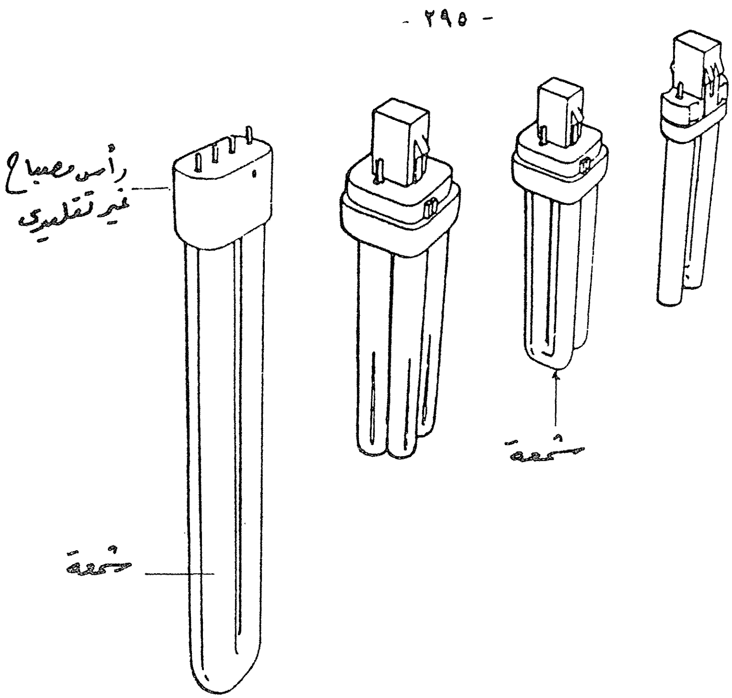
ويوضح جدول (11-9) البيانات الفنية لمصباح ديلوكس D مع إضافة من $3w$ إلى $4w$ لقدرة كابح التيار .

من الأمثلة الأخرى مصباح ديلوكس S والموضح بشكل (11-9) وخصائصه الفنية موضحة فى جدول (11-10) مع مراعاة إضافة من $3w$ إلى $4w$ لقدرة كابح التيار .

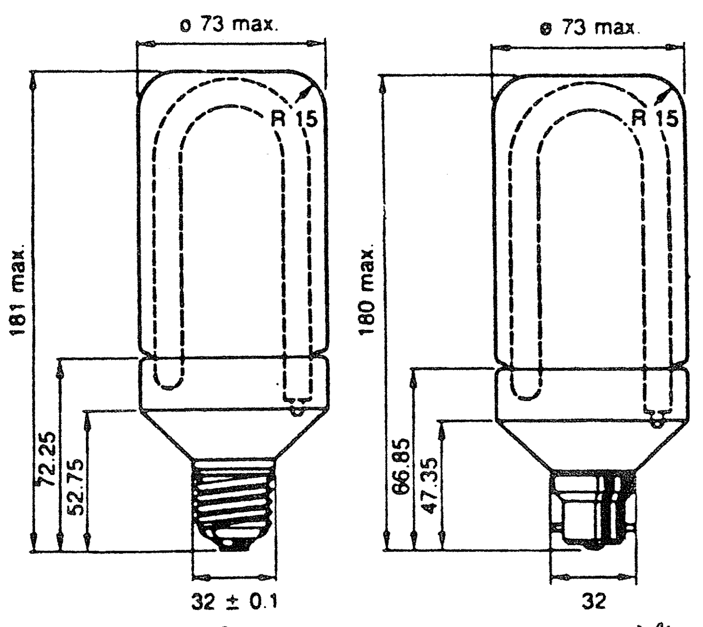




شكل (4 ـ 11) أمثلة من المصابيح الفلورسنت المدمجة الالكترونية
«الاضاءة وتوفير الطاقة»



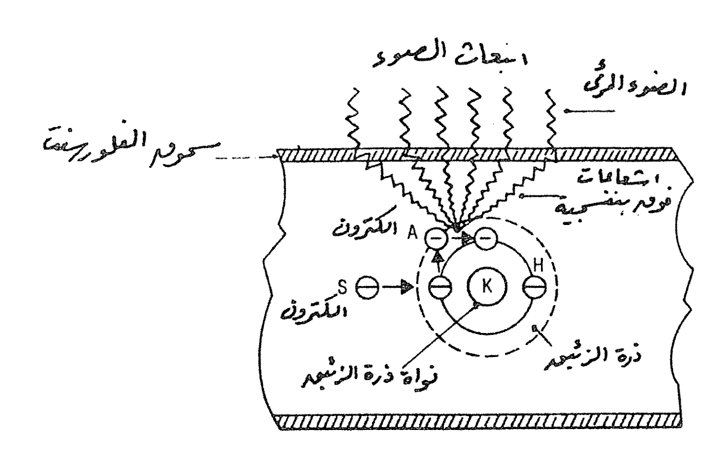
شكل (11-5) مصابيح فلورسنتة مدمجة ذات عدد مختلف من الشمعات



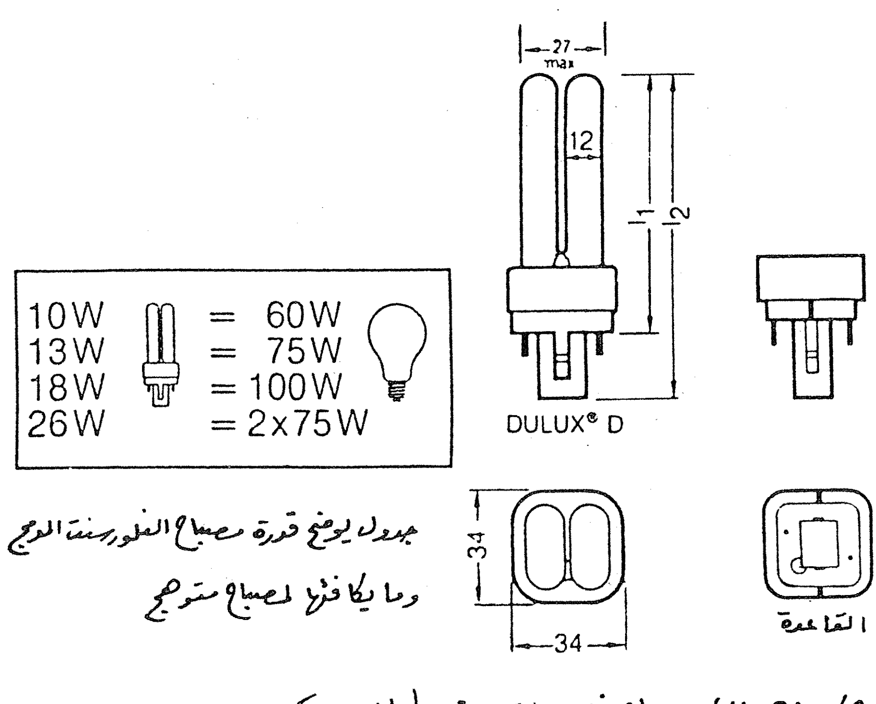
(ب) مصباح فلورسنتة مدمج ذو دواة من النوع اللولبي

(أ) مصباح فلورسنتة مدمج ذو دواة بمسمارية

شكل (11-6) مقاسات مصابيح فلورسنتة مدمجة



شكل (٧-١١) انبعاث الضوء من مصباح الفلورسنت



10W	=	60W
13W	=	75W
18W	=	100W
26W	=	2x75W

جدول يوضح قدرة مصباح الفلورسنت المدمج وما يكافئها لمصباح متوهج

شكل (٨-١١) مصباح فلورسنت مدمج طراز ديلوكس D

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

- مصباح فلورسنت مدمج بكابح تيار الكترونى :

هذا النوع يحتوى على كابح تيار الكترونى برأس المصباح مشكلاً وحدة متكاملة يكون المصباح إما من النوع ذى المسمارين أو اللولبى ويوضح شكل *(11-10)* مصباح فلورسنت مدمج بكابح تيار الكترونى .

ومن خصائص هذه المصابيح الآتى :

* تستهلك قدرة *20%* بالمقارنة بالقدرة المستهلكة لنفس الإضاءة من مصباح متوهج

* عمر التشغيل *10000* ساعة (حوالى *10* مرات عمر المصباح المتوهج)

* لا تحدث إرتعاش

* حجم مناسب

* وزن خفيف (حوالى من *50* إلى *150* جرام)

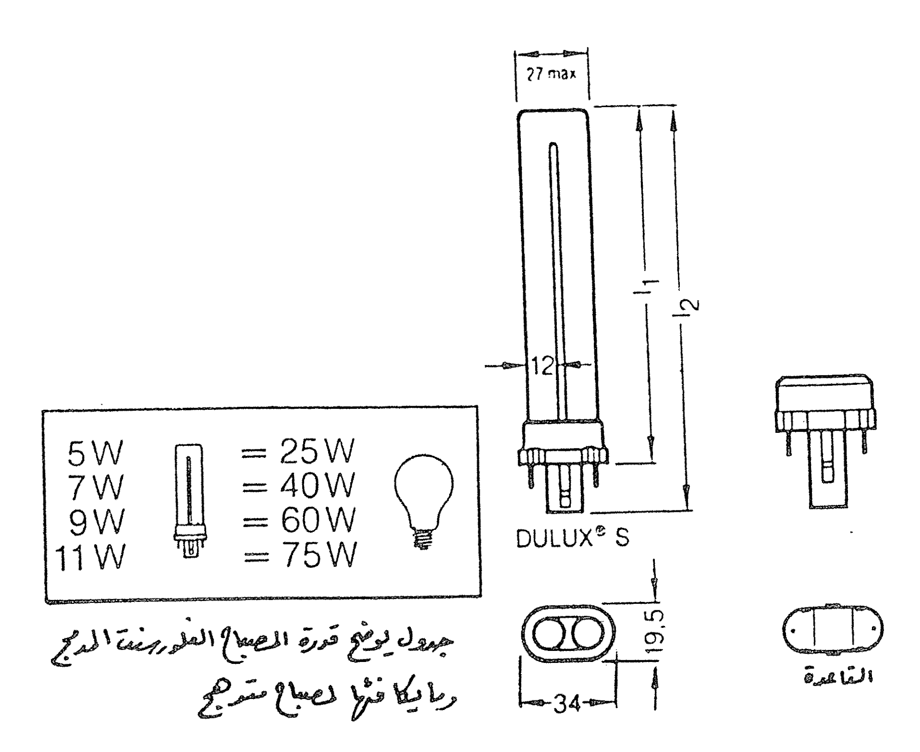
* لا توجد مشاكل إشعال *(ignition)*

* ضوء دافئ يشبه المصابيح المتوهجة

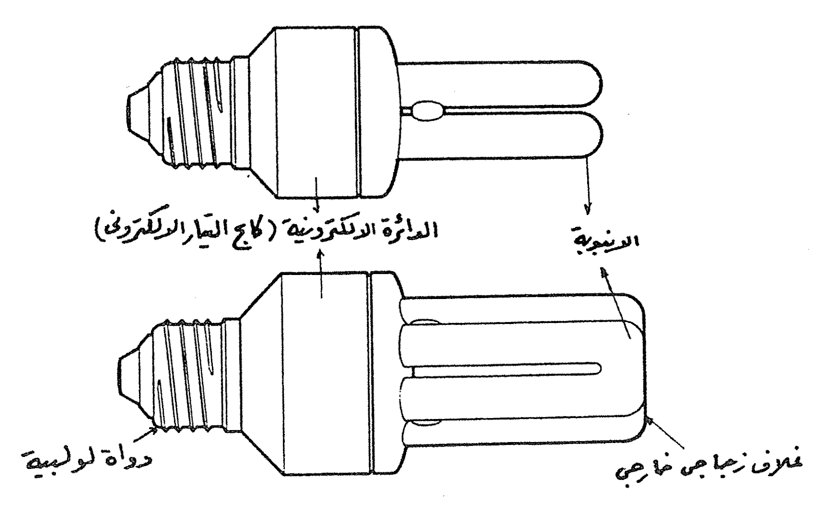
* لا تتسبب فى إرتفاع درجة الحرارة

* يمكن إستخدامها لجميع الأماكن (القطاعات التجارية - المنازل - المكاتب ...)

ومن أمثلة هذه المصابيح ، المصباح طراز ديلوكس *EL* والذى يمكن إستخدامه بديلاً للمصباح الشمعة ذات رأس قاعدة *E14* ويوجد بقدرات *5w, 7w, 11w* كما فى شكل *(11-11)* ويوضح جدول *(11-11)* البيانات الفنية لهذا النوع ويوضح شكل *(11-12)* المصابيح طراز ديلوكس ذات رأس قاعدة *E27* وبياناتها الفنية بجدول *(11-12)* .



شكل (٩-١١) مصباح فلورسنت مدمج طراز ديلوكس S



شكل (١٠-١١) المكونات الرئيسية للمصباح الفلورسنت المدمج

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

جدول (11-9) البيانات الفنية لمصباح ديلوكس (D)

القدرة watt	اللون	الفيض الضوئى Lm	أقصى طول L_1 mm	أقصى طول L_2 mm	الكفاءة الضوئية Lm /w
10	أبيض	600	95	118	60
13	أبيض	900	130	153	69
18	أبيض	1200	150	173	66
26	أبيض	1800	170	193	69

جدول (11-10) البيانات الفنية لمصباح ديلوكس (S)

القدرة watt	اللون	الفيض الضوئى Lm	أقصى طول L_1 mm	أقصى طول L_2 mm	الكفاءة الضوئية Lm /w
5	أبيض	250	85	108	50
7	أبيض	400	115	138	57
9	أبيض	600	145	168	66
11	أبيض	900	215	238	82

خصائص المصابيح الفلورسنت المدمجة

1- خصائص الإشعال وسلوك التشغيل

لا تحدث أية مشاكل أو إضطرابات لحدود الجهد من 207V وحتى 244V ولتغير فى درجة الحرارة بين 30C°- وحتى 50C°+

للمصابيح الفلورسنت المدمجة التى تعمل بكابح تيار كهرومغناطيسى عالى الكفاءة يكون زمن الإشعال صغير جداً (حوالى 0.5 ثانية) بدون حدوث أى إرتعاش ، يحتاج المصباح لهذا الزمن للتسخين المتقدم للفتيلة ويمكن أن يرتفع هذا الزمن إلى حوالى 2 ثانية عند إنخفاض درجة الحرارة . ويكون الفيض الضوئى ، لحظة الإشعال ، حوالى 40% من القيمة الإسمية ، وفى درجة حرارة الغرفة يحتاج إلى حوالى 2 دقيقة للوصول الى الفيض الضوئى الكلى .

للمصابيح الفلورسنت المدمجة الالكترونية لا يؤثر التشغيل المتكرر على عمر المصباح . بعض أنواع المصابيح تحتاج لفترة زمنية صغيرة بين عملية الفصل والتوصيل للمصباح (مثلاً 2 دقيقة) . ويقل عمر المصباح إذا تكررت عملية الفصل فى زمن أقل من 2 دقيقة .

2- يكون نصوع المصابيح الفلورسنت المدمجة حوالى 2.5 cd/cm2

3- يعمل المصباح فى حدود درجة حرارة من 30C°- وحتى 50C°+

ويصاحب درجات الحرارة المنخفضة إرتفاع فى جهد الإشعال ، بينما عند درجات الحرارة المرتفعة فإن الإجهادات الحرارية على المكونات تؤدى إلى إنهيار كابح التيار الالكترونى .

4- يعتمد الفيض الضوئى للمصابيح على ضغط الزئبق فى الأنبوبة وعلى درجة حرارة نقطة التبريد . عند درجة حرارة نقطة التبريد (Cool spot) حوالى 45C° يصل الفيض الضوئى إلى أقصى قيمة ويحدث هذا عند درجة حرارة الغرفة بين 20C° و 25C° ويوضح شكل (13-11) العلاقة بين درجة الحرارة المحيطة والفيض الضوئى النسبى لنوعين من المصابيح الفلورسنت المدمجة .

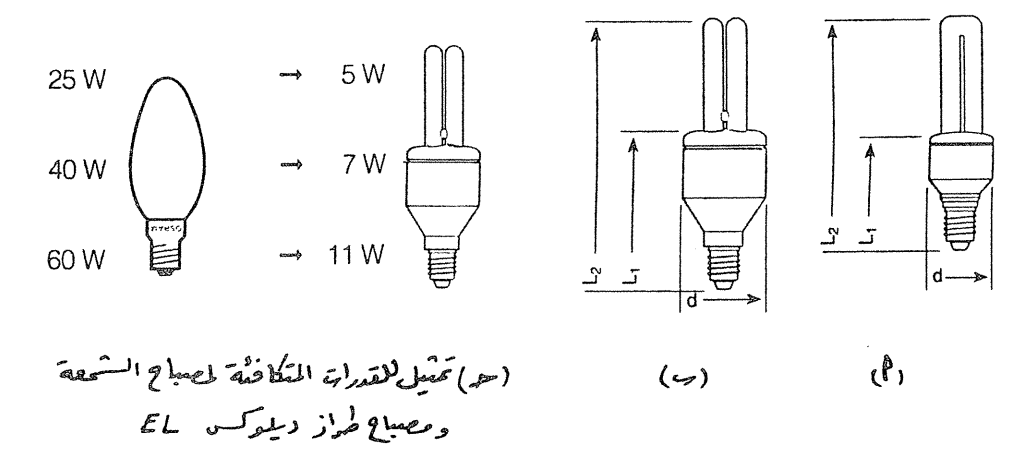
5- حددت المواصفات القياسية العالمية حدود لأقصى درجة حرارة مسموحة لضمان

جدول (11-11) البيانات الفنية لمصباح ديلوكس EL بقاعدة E14

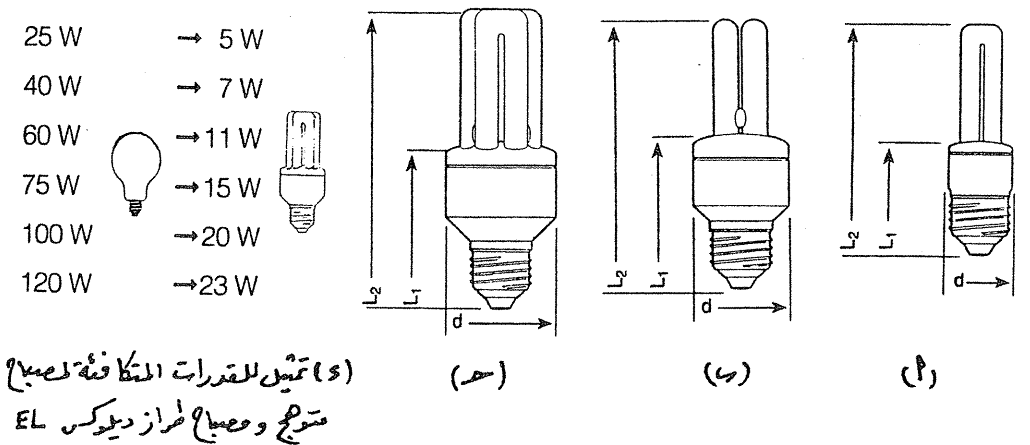
التوصيف	شكل (11-11) أ	شكل (11-11) ب	شكل (11-11) ب
القدرة	5 w	7 w	11 w
التيار (القيمة الفعلية)	45 mA	65 mA	105 mA
التيار (القيمة القصوى)	0.2 A	0.25 A	0.45 A
الفيض الضوئى	200 Lm	400 Lm	600 Lm
الكفاءة الضوئية	40 Lm/w	57 Lm/w	55 Lm/w
الطول L_1	56 mm	77 mm	80 mm
الطول L_2	121 mm	130 mm	143 mm
القطر d	30 mm	42 mm	45 mm
الوزن	50 gm	70 gm	75 gm

جدول (12-11) البيانات الفنية لمصباح ديلوكس EL بقاعدة E27

التوصيف	شكل (11-12) أ	شكل (11-12) ب	شكل (11-12) ب	شكل (11-12) ج	شكل (11-12) ج	شكل (11-12) ج
القدرة	5 w	7 w	11 w	15 w	20 w	23 w
التيار (القيمة الفعلية)	45 mA	75 mA	105 mA	130 mA	170 mA	190 mA
التيار (القيمة القصوى)	0.2 A	0.35 A	0.45 A	0.5 A	0.6 A	0.65 A
الفيض الضوئى	200 Lm	400 Lm	600 Lm	900 Lm	1200 Lm	1500 Lm
الكفاءة الضوئية	40 Lm/w	57 Lm/w	55 Lm/w	60 Lm/w	60 Lm/w	65 Lm/w
الطول L_1	56 mm	75 mm	75 mm	83 mm	83 mm	84 mm
الطول L_2	121 mm	130 mm	139 mm	143 mm	156 mm	176 mm
القطر d	30 mm	45 mm	45 mm	52 mm	52 mm	58 mm
الوزن	50 gm	70 gm	75 gm	100 gm	110 gm	150 gm



شكل (١١-١١) مصابيح فلورسنت مدمجة طراز ديلوكس بقاعدة E14 وما يكافئها من المصابيح الشمعة



شكل (١٢-١١) مصابيح فلورسنت مدمجة طراز ديلوكس بقاعدة E27 وما يكافئها من المصابيح المتوهجة

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

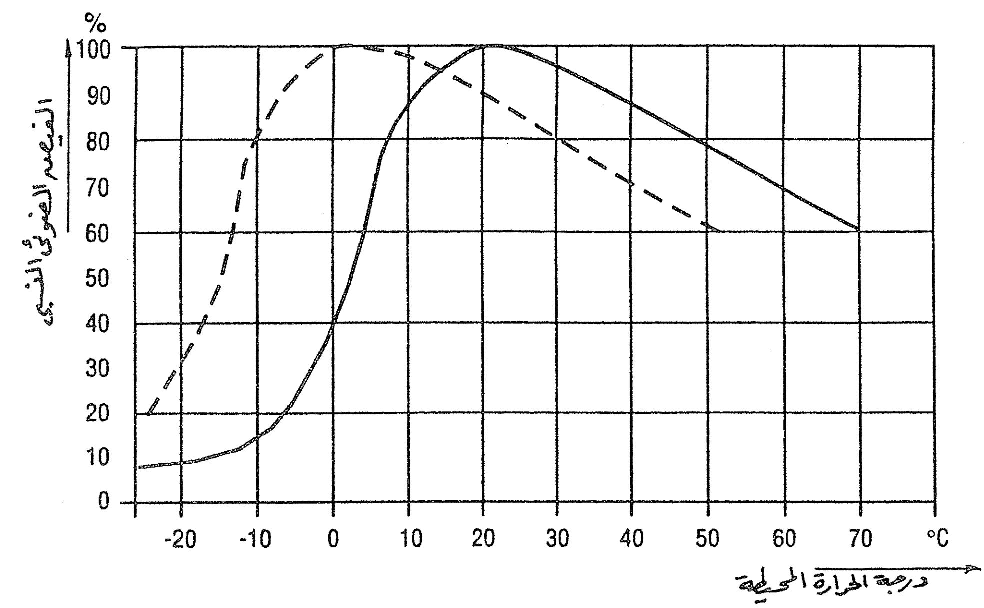
التشغيل الآمن للمصابيح ، وتحقق المصابيح المدمجة الالكترونية عالية الكفاءة هذه الحدود .

ويوضح جدول *(11-13)* مقارنة بين درجات الحرارة المقاسة لمصابيح الفلورسنت المدمجة والمصابيح المتوهجة فى النقاط الموضحة فى شكل *(11-14)* مع ملاحظة أن القياسات عند الموضع رقم 2 فى حالة قياسات المصابيح الفلورسنت تكون عند كابح التيار.

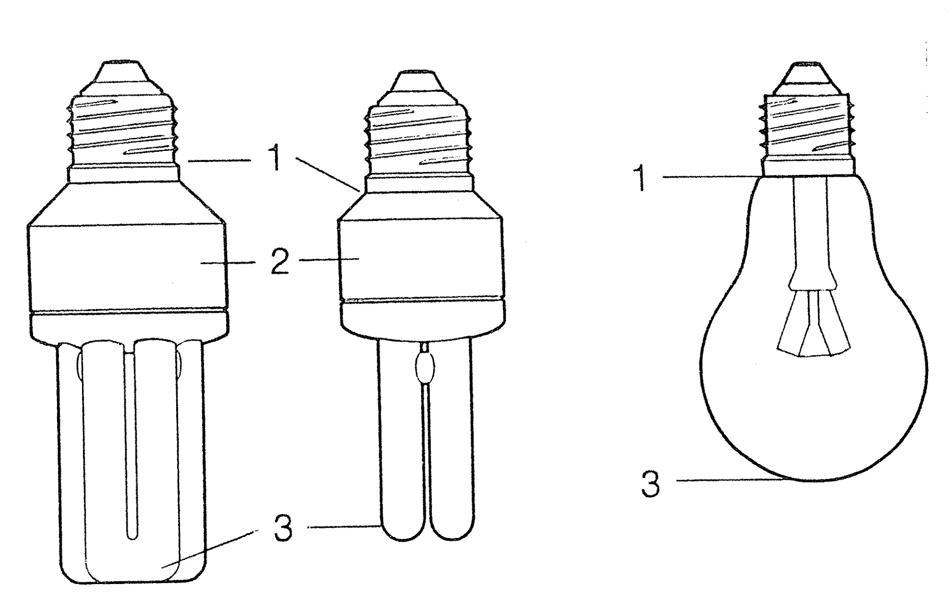
6- تبعاً للمواصفات العالمية فإن المصابيح الفلورسنت المدمجة تعمل فى مدى جهد بين *207V* إلـى *244V* ويوضح شكل *(11-15)* العلاقة بين جهد المصدر وكل من الكفاءة الضوئية والفيض الضوئى والقدرة .

جدول *(11-13)* درجات الحرارة المقاسة لمصابيح الفلورسنت المدمجة والمصابيح المتوهجة °C

نقطة القياس / نوع المصباح	1	2	3
مصابيح فلورسنت مدمجة الكترونية			
قدرة 7 w	22	60	44
15 w	30	70	48
20 w	35	70	51
23 w	30	65	49
مصابيح متوهجة			
قدرة 40 w	70	130	65
60 w	90	150	75
75 w	105	175	85
100 w	130	220	100



شكل (١٣-١١) المنحنى النموذجي للعلاقة بين الفيض الضوئي ودرجة الحرارة المحيطة لنوعين من المصابيح الفلورسنت الموفرة للطاقة



شكل (١٤-١١) مواضع قياس درجة الحرارة على مصابيح فلورسنت موفرة للطاقة ومصباح متوهج

مصابيح هاليد معدنية مدمجة ومصابيح صوديوم عالي الضغط :

توجد أنواع مختلفة ، كما فى شكل (11-16) ، يمكن أن تحل محل المصابيح المتوهجة العادية منخفضة الكفاءة ، وتمتاز هذه الأنواع بأنه يمكن إستخدامها فى إضاءة الأماكن المفتوحة .

تحتاج مصابيح الهاليد المعدنى المدمجة التى تعمل بجهد 12V لمحول الكترونى مدمج ، يوضح شكل (11-17) أحد هذه الأنواع .

مصابيح تنجستن هالوجين :

تمتاز المصابيح المكسوة من الداخل بطبقات رقيقة تعكس الأشعة تحت الحمراء بتوفيرها للطاقة وقدرة عالية على إسترجاع الألوان. وتستخدم فى المحلات التجارية وبعض المبانى . يوضح شكل (11-18) بعض أنواع وأشكال مصابيح التنجستن هالوچين .

المصابيح الفلورسنت المدمجة الحلزونية *Helix Compact Fluorescent Lamps*

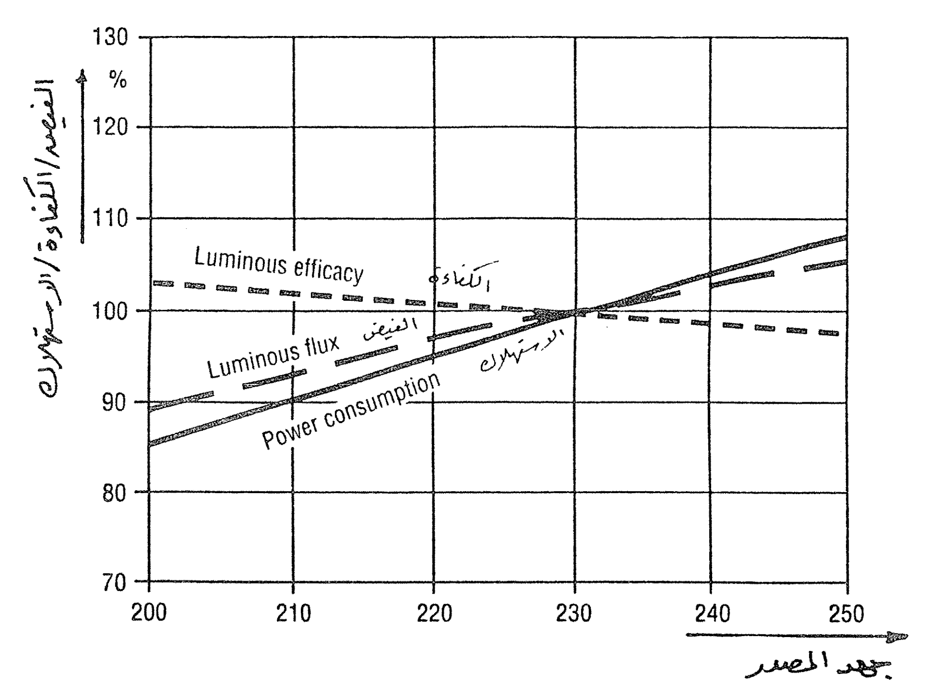
هى أحدث الأنواع المنتجة فى عام 1996 بقدرة 32w وفيض ضوئى 2400Lm ونحصل منها على ضوء ضعف ضوء مصباح متوهج 100w وبإستخدام 1/3 القدرة فقط ، ويوضح شكل (11-19) هذا النوع .

مصابيح الحث الكهربي *Induction Lamps*

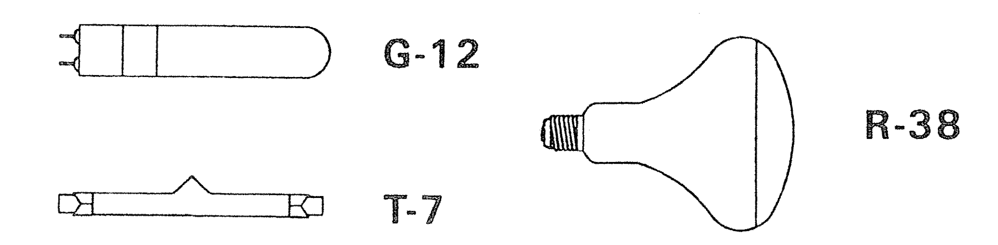
وهى مصابيح حديثة الإنتاج ، بدأ فى تسويقها عام 1991 ، وأحدثت ثورة فى صناعة وإنتاج المصابيح وذلك لعدم إحتوائها على الكترود أو فتيلة بالإضافة إلى أن عمر تشغيلها عالى جداً. أطول عمر تشغيل للمصابيح على الإطلاق. والذى يصل إلى 70,000 ساعة ولذا يفضل استخدامها فى الأماكن التى توجد عندها صعوبة فى إجراءات الصيانة للمصابيح . ويوضح شكل (11-20) أحد أنواع مصابيح الحث الكهربى QL . وسنتعرض لفكرة عمل نوعين شائعين :

أ) مصباح الحث QL

يحتوى كما فى شكل (11-21) على قلب من الحديد أو المعدن ، يتركز فيه مجال الحث ، وملفوف عليه الملف الابتدائى ، يعتمد التشغيل على طاقة ناتجة من مولد

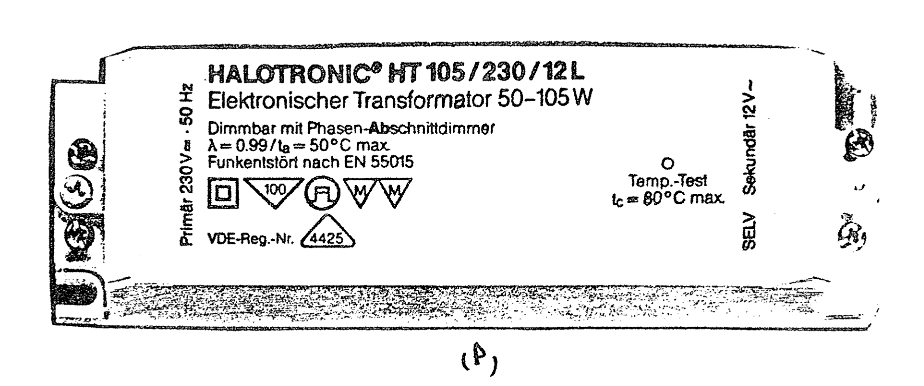


شكل (15-11) العلاقة بين الكفاءة والفيض والاستهلاك مع تغير جهد المصدر



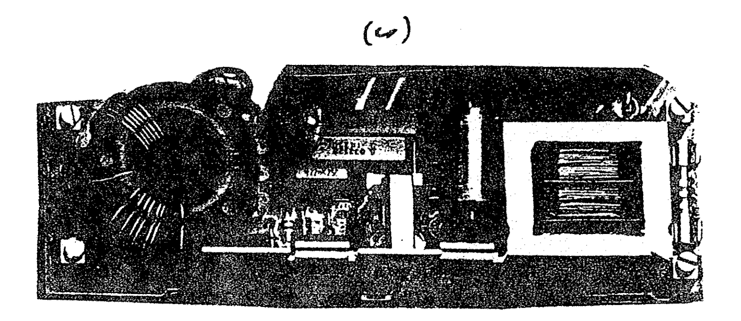
شكل (16-11) بعض انواع مصابيح هاليد معدنى مدمجة ومصابيح صوديوم عالى الضغط

«الاضاءة وتوفير الطاقة»

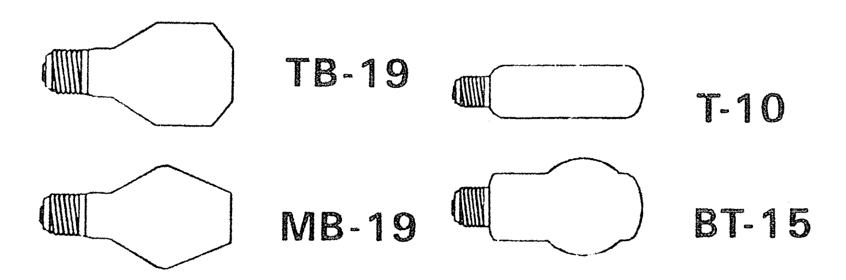


(أ)

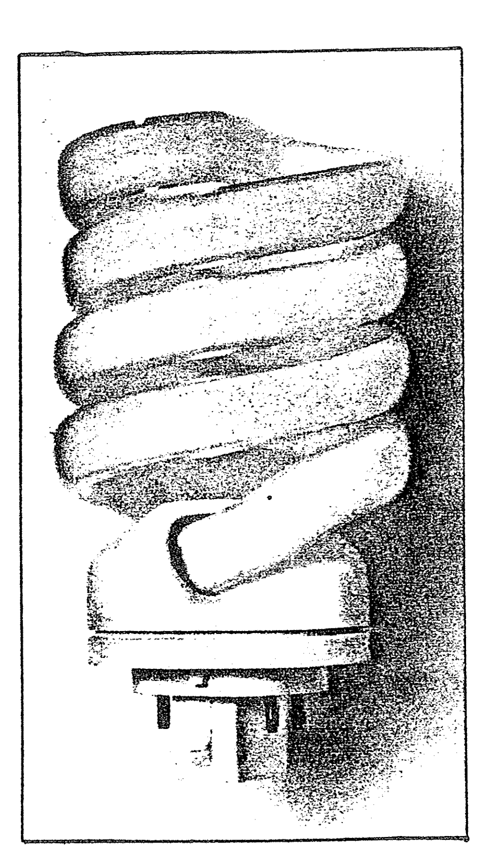
(ب)



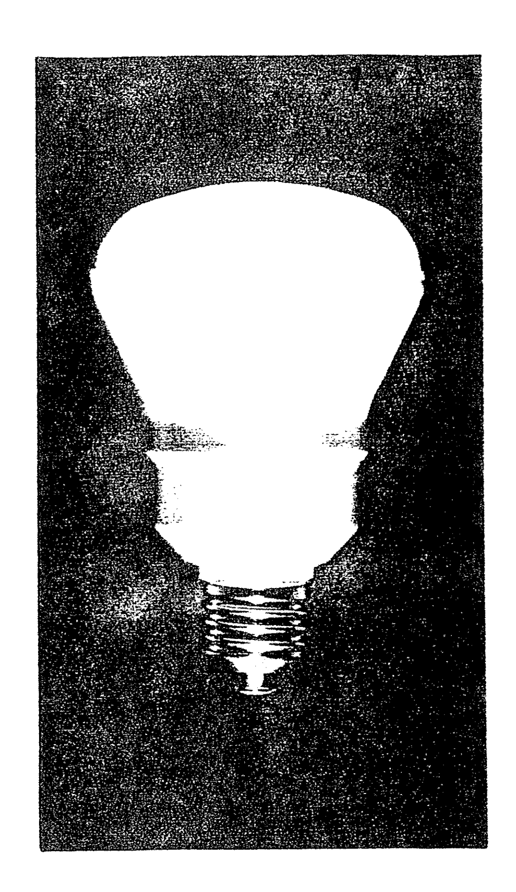
شكل (١٧-١١) محول الكتروني مدمج لمصابيح هاليد معدني مدمجة



شكل (١٨-١١) بعض أنواع مصابيح تستخدم لترشيد الاضاءة وتوفير الطاقة.



شكل (19-11) مصباح فلورسنت مدمج حلزوني



شكل (20-11) مصباح الحث الكهربي

ترددات عالية تستحث بواسطة الملف الابتدائى داخل الغلاف الزجاجى للمصباح فيتولد تيار كهربى (تيار ثانوى) يمر فى غاز تحت ضغط منخفض بداخل المصباح (يعمل الغاز كملف ثانوى) تتأين ذرات الغاز وتنتج الأشعة فوق البنفسجية التى تتحول الى ضوء مرئى بواسطة الطبقة الفوسفورية التى تغطى السطح الداخلى للغلاف الزجاجى ، بالإختيار المناسب للمادة الفوسفورية يمكن التحكم فى لون المصباح .

ب) مصباح الحث E

فى هذا النوع تم إستبدال القلب الحديدى بآخر هوائى ، كما فى شكل (11-22) والذى يغذى من مولد ترددات عالية يعمل على إحداث مجال كهرومغناطيسى داخل أنبوبة التفريغ وينشئ تفريغ كهربى فى الغاز ، أى يمر التيار فى الغاز فيتأين ويبدأ مرور القوس الكهربى .

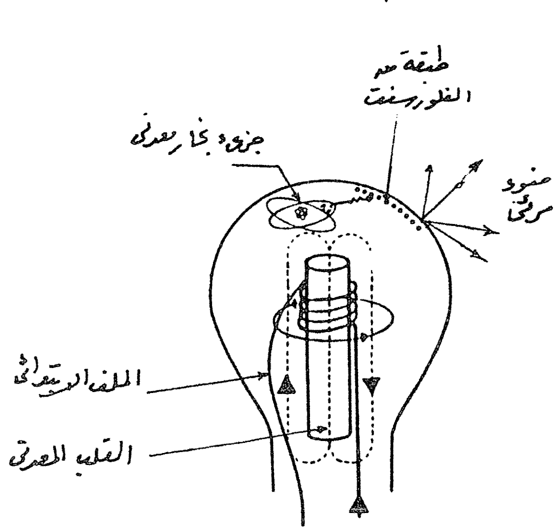
ونظراً لعدم وجود فتيلة أو الكترودات فإن العامل الرئيسى الذى يؤثر فى تحديد عمر تشغيل المصباح هو الإنهيار التدريجى فى الطبقة الفوسفورية .

يوضح جدول (11-14) مقارنة بين المقننات الفنية للمصابيح المتوهجة العادية والفلورسنت المدمجة ومصابيح الحث الكهربى E, QL

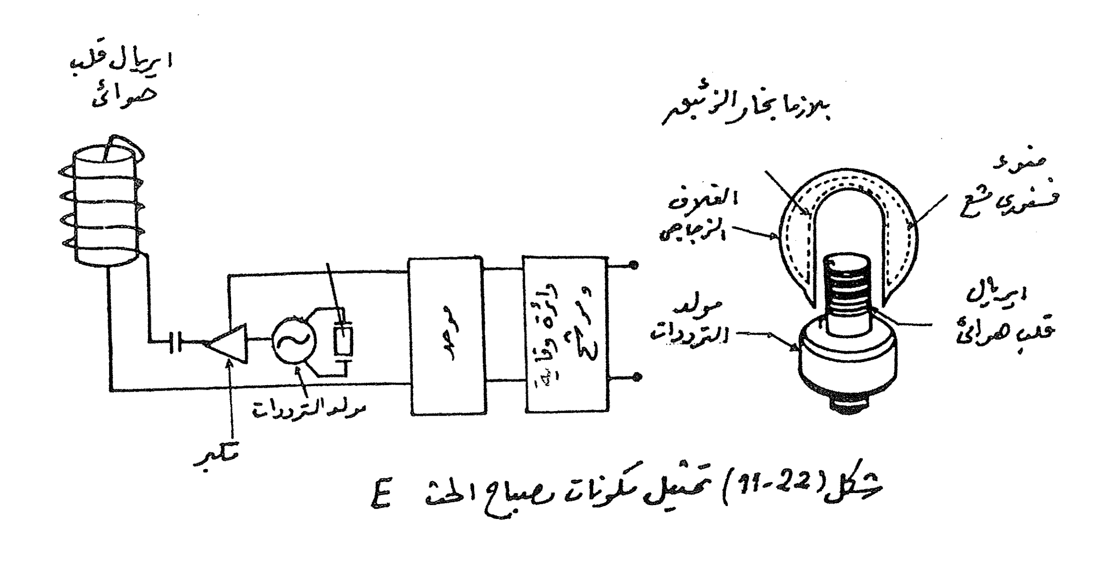
جدول (11-14) مقارنة بين المصابيح المتوهجة والفلورسنت المدمجة والحث الكهربى .

نوع المصباح / المقننات الفنية	مصباح متوهج عادى	مصباح فلورسنت مدمج	مصباح الحث QL	مصباح الحث E
القدرة watt	100	20	85	25
الفيض الضوئى Lm	1360	1360	5500	1360
الكفاءة الضوئية Lm/w	13.6	63	65	54.4
عمر التشغيل الافتراضى hr	1000	8000	60,000	20,000
درجة الحرارة اللونية °K	2700	2700	3000-4000	2700-4000
التردد MHz			2.65	13.56

«الاضاءة وتوفير الطاقة»



شكل (21-11) تمثيل مكونات مصباح الحث QL



شكل (22-11) تمثيل مكونات مصباح الحث E

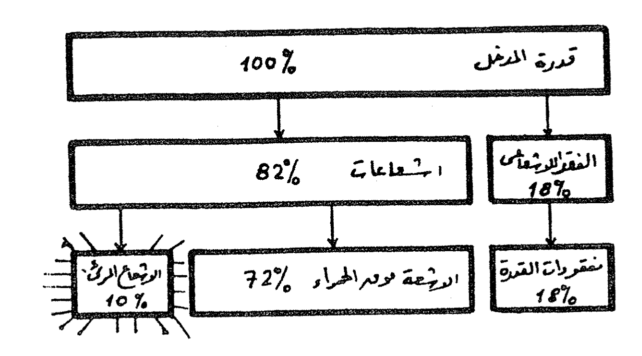
مقارنة موازنة (توزيع) الطاقة لانواع المصابيح المختلفة *Energy Distribution*

فى الأشكال *(11-23)* إلى *(11-30)* تم تمثيل توزيع طاقة المصابيح الآتية :

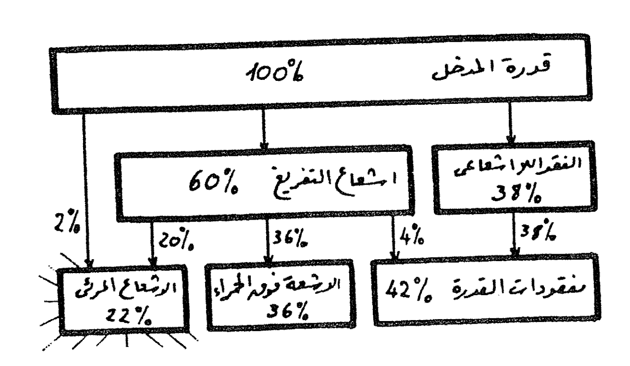
* المصباح المتوهج *100 w* وكفاءة المخرج *17.5 Lm/w*
* المصباح الفلورسنت *40 w* وكفاءة المخرج *78.8 Lm/w*
* مصباح الصوديوم منخفض الضغط *180 w* وكفاءة المخرج *183 Lm/w*
* مصباح بخار الزئبق *400 w* وكفاءة المخرج *56.3 Lm/w*
* مصباح هاليد معدنى *40 w* وكفاءة المخرج *100 Lm/w*
* مصباح صوديوم عالى الضغط *400 w* وكفاءة المخرج *125 Lm/w*
* مصباح فلورسنت موفر للطاقة بكابح تيار تقليدى
* مصباح فلورسنت موفر للطاقة بكابح تيار الكترونى

وقد تم تمثيل قدرة المدخل بالنسبة *100%* وعليه تم توزيع وموازنة المفقودات والإشعاعات المرئية وغير المرئية كنسبة مئوية .

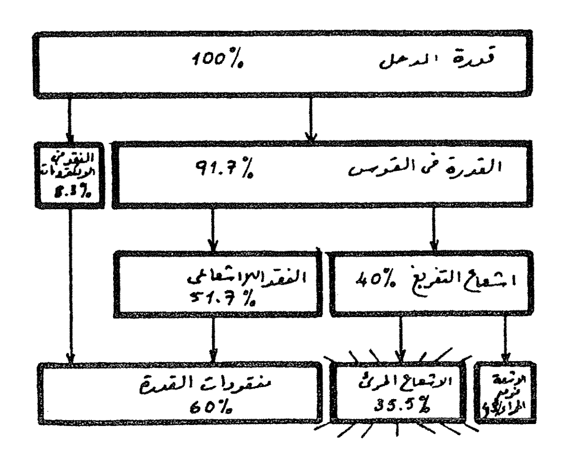
ويوضح الجدولين *(11-15)* ، *(11-16)* مقارنة لموازنة الطاقة بهذه الأنواع .



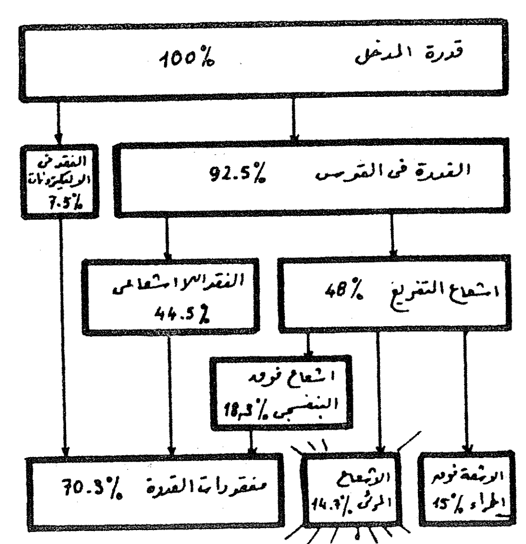
شكل (11-23) موازنة الطاقة لمصباح متوهج 100W وكفاءة 17.5 lm/W



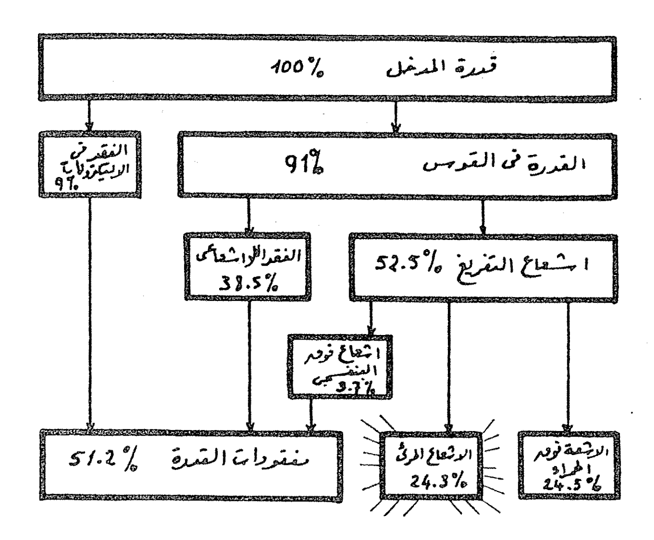
شكل (11-24) موازنة الطاقة لمصباح فلورسنت 40W وكفاءة 78.8 lm/W



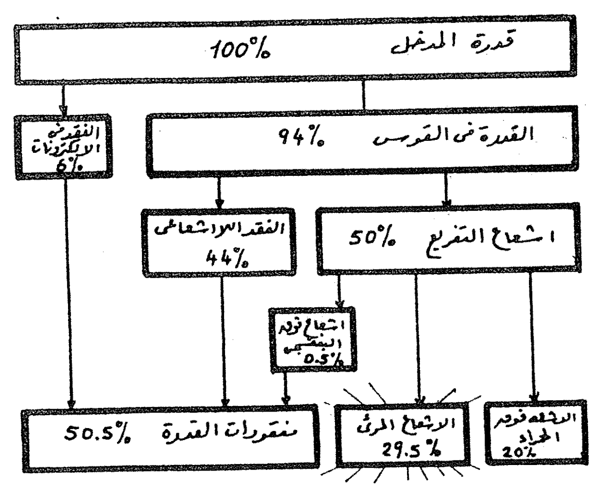
شكل (11-25) موازنة الطاقة لمصباح صوديوم منخفض الضغط 180W والكفاءة 183 lm/W



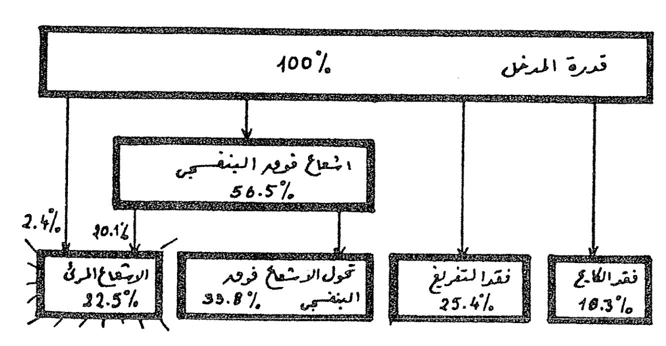
شكل (11-26) موازنة الطاقة لمصباح بخار الزئبق 400W والكفاءة 56.3 lm/W



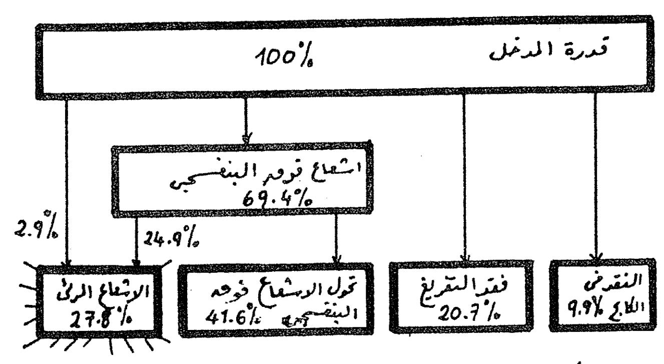
شكل (11-27) موازنة الطاقة لمصباح هاليد معدني 40W وكفاءة 100 lm/w



شكل (11-28) موازنة الطاقة لمصباح صوديوم عالي الضغط 400W وكفاءة 125 lm/w



شكل (٢٩-١١) موازنة الطاقة لمصباح فلورسنت موفر للطاقة بكابح تقليدي



شكل (30-١١) موازنة الطاقة لمصباح فلورسنت موفرة للطاقة بكابح الكتروني

جدول *(11-15)* مقارنة توزيع الطاقة للمصابيح .

نوع المصباح / توزيع الطاقة	المصباح المتوهج 100 w 17.5 Lm/w	مصباح فلورسنت 40 w 78.8 Lm/w	مصباح صوديوم منخفض الضغط 180 w 183 Lm/w	مصباح بخار الزئبق 400 w 56.3 Lm/w	مصباح هاليد معدنى 40 w 100 Lm/w	مصباح صوديوم عالى الضغط 400 w 125 Lm/w
قدرة المدخل ٪ *Input power %*	100	100	100	100	100	100
مفقودات القدرة ٪ *Power Losses %*	18	42	60	70.3	51.2	50.5
قدرة الأشعة دون الحمراء٪ *Infrared Radiation%*	72	36	4.5	15	24.5	20
الإشعاع المرئى ٪ *Visible Radiation %*	10	22	35.5	14.7	24.3	29.5

جدول *(11-16)* مقارنة توزيع الطاقة لمصباح فلورسنت موفر للطاقة بكابح الكترونى وآخر بكابح تقليدى .

نوع المصباح / توزيع الطاقة	مصباح فلورسنت موفر للطاقة بكابح تقليدى	مصباح فلورسنت موفر للطاقة بكابح الكترونى
قدرة المدخل ٪ *Input power %*	100	100
الفقد فى الكابح ٪ *Heat loss due to ballast %*	18.3	9.9
الفقد فى التفريغ الغازى ٪ *Heat loss due to gas discharge%*	25.4	20.7
تحول الإشعاع فوق البنفسجى ٪ *Conversion of UV radiation %*	33.8	41.6
الإشعاع المرئى ٪ *Visible Radiation %*	22.5	27.8

الباب الثاني عشر

كابحات التيار الموفرة للطاقة

Energy Saving Ballasts

تحتاج جميع مصابيح التفريغ الغازى لكابحات تيار . يصنف الكابح من ضمن المعدات ذات المقاومة الصفرية أو السالبة *(Zero or negative resistance)*

أى أن :

$$I = \frac{E}{R} \qquad as\ R \longrightarrow 0 \ .... (12\text{-}1)$$

ويكون عمل كابح التيار :

* تجهيز جهد البداية وهو ما يطلق عليه جهد الإرتداد *(Voltage kick)*

* تنظيم التيار الكهربائى المار خلال المصباح للوصول إلى إستقرار لمخرج الضوء.

* يسلط الجهد الصحيح المطلوب لتشغيل المصباح ويعوض التغييرات الحادثة فى الجهد .

كابحات التيار الكهرومغناطيسية

النوع التقليدى لكابح التيار هو النوع الكهرومغناطيسى والذى يتكون من قلب حديدى وملف ، ونتيجة مرور التيار بالكابح فإن جزء من الطاقة الكهربائية يتبدد فى شكل مفقودات والجزء الأكبر من المفقودات هو I^2R ويعتمد على طول السلك النحاس (أو الألومنيوم) للملف . بالإضافة إلى مفقودات القلب ، هذه المفقودات تؤدى إلى سخونة كابح التيار ويوضح جدول *(12-1)* مقارنة بين مفقودات دوائر تشغيل المصابيح الفلورسنت .

جدول *(12-1)* مقارنة بين مفقودات دوائر تشغيل المصابيح الفلورسنت .

نوع الدائرة	المفقودات كنسبة من قدرة المصباح	القدرة الاسمية *w*	القدرة الكلية *w*
دائرة بداية تشغيل سريعة *(rapid-start)*	15% - 20%	40	48
دائرة تيار التسخين المتقدم *(preheat)*	أكبر من 25%	40	50

ويجب أن نتذكر جيداً أن مرور التيار سيستمر فى كابحات التيار سواء كانت المصابيح محترقة أو مرفوعة من الكشاف . فمثلاً دائرة بداية التشغيل السريعة لمصباحين قدرتيهما $2 \times 40\ w$ تستهلك حوالى $7\ w$ حتى عندما يكون المصباحين مرفوعين من الكشاف .

تطورت صناعة كابحات التيار تطوراً كبيراً للمساهمة فى تقليل استهلاك الكهرباء بقدر الإمكان ، حيث أصبح القلب يصنع من شرائح الصلب عالى الجودة وأيضاً استخدم سلك نحاس جيد للملف ولقد تم تحديد أفضل عدد لفات وكانت النتيجة ليس فقط تقليل استهلاك الكهرباء ولكن أيضاً زاد عمر تشغيل كابحات التيار وأصبح حوالى 15 عاماً وبالتالى تكلفة صيانة أقل . بعض أنواع الكابحات عالية الكفاءة من نوع بادئة التشغيل السريع تحتوى على جهاز لفصل مصدر التغذية الكهربائية اللازم لتسخين قطبى المصباح فى لحظة بداية التشغيل (بعض هذه الأنواع يقل عمرها حوالى 25% إذا لم يستمر تسخين القطبين عندما يكون المصباح مضاء) .

تعتمد القدرة المستهلكة لكابحات التيار عالية الكفاءة على العوامل الآتية :

الصانع - نوع الكابح - نوع المصباح - قدرة الضوء - مصدر التغذية الكهربائية اللازم لتسخين قطبى المصباح - يفصل أو لا يفصل فى لحظة البداية .

وتكون الحدود النموذجية للقدرة المستهلكة حوالى من 6% إلى 10-12% من قدرة المصباح وعادةيفضل أن يفرض أن القدرة المستهلكة للكابحات عالية الكفاءة حوالى 10% من قدرة المصباح وذلك عند الإحتياج لعمل حسابات توفير الطاقة ، فمثلاً لمصباح $40w$ إذا إستخدم كابح تيار تقليدى فإن القدرة المستهلكة فية 20% وإذا إستبدل بآخر من النوع عالى الكفاءة فإن التوفير فى الطاقة يكون :

$$40\ w \times (20\% - 10\%) = 4\ w$$

ويوضح جدول (12-2) مقارنة بين وزنى كابحى تيار تقليدى وآخر عالى الكفاءة ، مع ملاحظة أن المصباح الفلورسنت المدمج $10w$ يكافئ مصباح فلورسنت عادى حوالى $40w$

جدول (12-2) مقارنة بين وزن كابحى تيار

النوع	الوزن
كابح تيار تقليدى لمصباح فلورسنت عادى طراز T.L Lamp 36-40W, 220V, 0.43A, 0.52pf	600 gm
كابح تيار محسن لمصباح فلورسنت مدمج Lamp 10W, 220V, 0.23A	375 gm

كابحات التيار الالكترونية *Electronic Ballasts*

استبدلت كابحات التيار الكهرومغناطيسية بأخرى الكترونية لبداية تشغيل وتنظيم المصابيح الفلورسنت سواء العادية أو الموفرة للطاقة . وفى بداية التصنيع استخدمت مكونات الكترونية ثم تطورت واستخدمت مكونات من الدوائر المتكاملة (*Integrated circuit*) *IC* . تعمل كابحات التيار الكهرومغناطيسية عند تردد المصدر *50Hz* أو *60 Hz* ، بينما تعمل كابحات التيار الالكترونية عند تردد يتراوح بين *20-60KHz* ، ويعمل كابح التيار الالكترونى النموذجى بين *25-35 KHz*

ويؤدى التشغيل عند الترددات العالية إلى تحسين أداء المصباح وتقليل أو إنعدام الإرتعاش وزيادة الفيض الضوئى . حيث يوضح شكل (*12-1*) العلاقة بين الفيض الضوئى (منسوبة الى التشغيل عند *50Hz* أو *60Hz*) وتردد تشغيل المصباح (*KHz*) .

وفيما يلى تلخيص الكابح الالكترونى :

أ- تحسين الكفاءة الضوئية للمصباح وزيادة عمر التشغيل

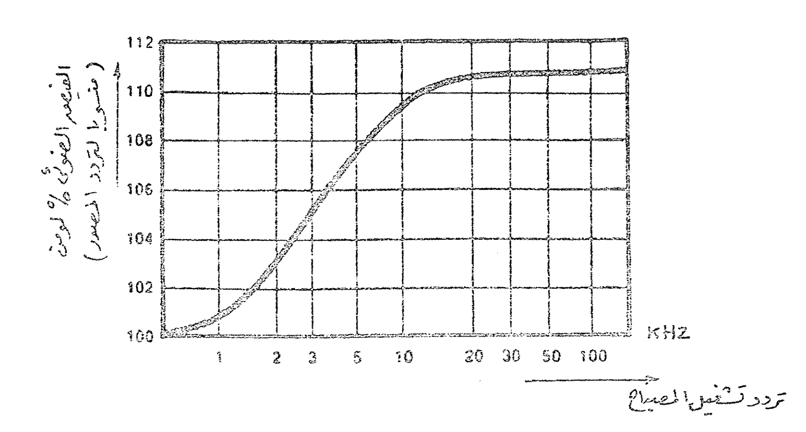
ب- إرتفاع معامل القدرة للمصباح

ج- بداية تشغيل لحظى دون الحاجة الى بادئ تشغيل منفصل

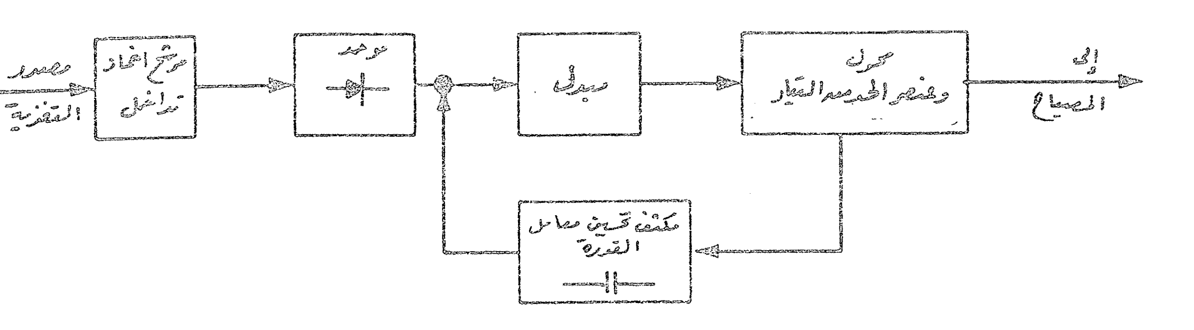
د- أقل وزناً وحجماً

هـ- يستخدم مع مصدر تيار متردد أو مستمر

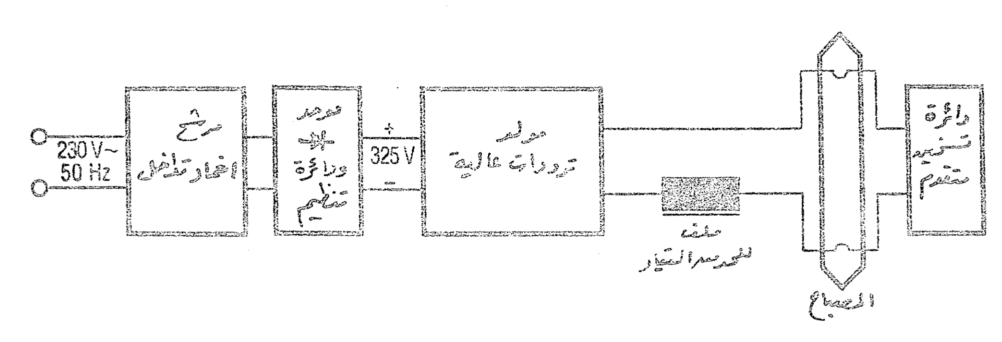
و- لا ينتج أى طنين أو صوت



شكل (١-١٢) العلاقة بين الفيض الضوئي للمصباح وتردد تشغيل المصباح



شكل (٢-١٢) مكونات كابح تيار الكتروني



شكل (٣-١٢) مكونات كابح تيار الكتروني

جدول (12-3) مقارنة بين كابحى التيار الالكترونى والتقليدى

كابح التيار الالكترونى	كابح التيار التقليدى (كهرومغناطيسى)
- خفيف الوزن حيث أن مكوناته من الترانزستور أو الدوائر المتكاملة	- ثقيل الوزن نتيجة كبر القلب الحديدى والملف
- صغير الحجم	- كبير الحجم
- مسئولاً عن الإشعال والحد من التيار	- يضاف معه مبدئ تشغيل
- مفقودات منخفضة (نصف مفقودات الكابح التقليدى)	- مفقودات عالية
- يحدث إشعال للمصباح لحظة التشغيل وبدون إرتعاش	- يحتاج إلى فترة زمنية صغيرة لبداية الإشعال
- عمر التشغيل أطول (ثلاثة أمثال عمر تشغيل كابح التيار الكهرومغناطيسى)	- عمر تشغيل أقل
- لا ينتج عنه أبخرة ضارة أو حرائق	- ينتج عنه أبخرة عند إحتراق الملف
- يعمل عند إنخفاض الجهد (أقل من الجهد المقنن)	- تقل الكفاءة بإنخفاض الجهد
- يضئ بدون رعشة	- يحدث رعشة عند بداية التشغيل

أمثلة لكابحات التيار الالكترونية

يوضح شكل (12-4) دائرة كابح تيار الكترونى حيث يتم تحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر ثم من خلال الترانزستورين نحصل على موجة مربعة ذى تردد عالى لتغذية المحول والذى نحصل منه على جهد عالى لتغذية قطبى المصباح . ويمكن تشغيل هذه الدائرة مباشرة من مصدر تيار مستمر أو من تيار متردد . وتتكون الدائرة من مكثف E ومقاومة لإخماد الحالات العابرة والفجائية .

ويوضح شكل (12-5) دائرة كابح تيار الكترونى مدخلة جهد مستمر $D.C$ ومخرجة جهد متردد $220V$ عند تردد عالى . وتتكون الدائرة من :

* متذبذب عدم استقرار (Astable Multivibrator)

عبارة عن دائرة متكاملة IC ويتحكم في ترددها من خلال المكثف C_1 والمقاومة R_5

* ترانزستورين T_1, T_2

يكونا مسئولين عن إمداد جزئى الملف الإبتدائى للمحول بالتيار حيث أن كل ترانزستور يغذى جزء من الملف الابتدائى بجهد قيمته $12V$

* عدد 2 زينر ديود Zener diode

لوقاية الترانزستورين عند نبضات فجائيات الجهد العالية .

وعند استخدام النوعين السابقين يجب مراعاة الآتى :

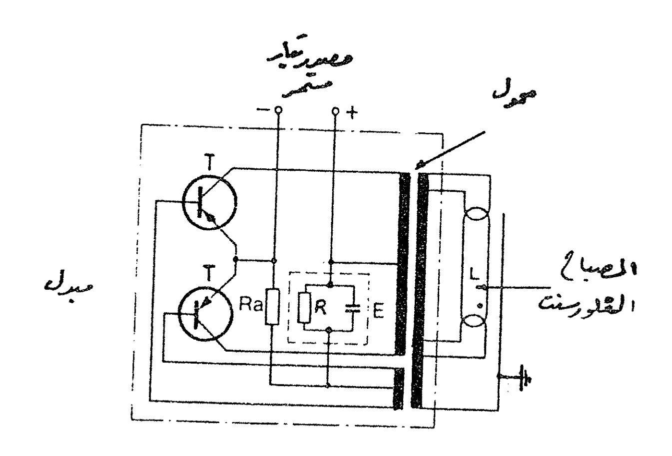
أ) أن توصل أطراف الكابح بالقطبية (Polarity) السليمة

ب) يجب عدم إجراء إختبار العزل (Insulation test) لهذا النوع

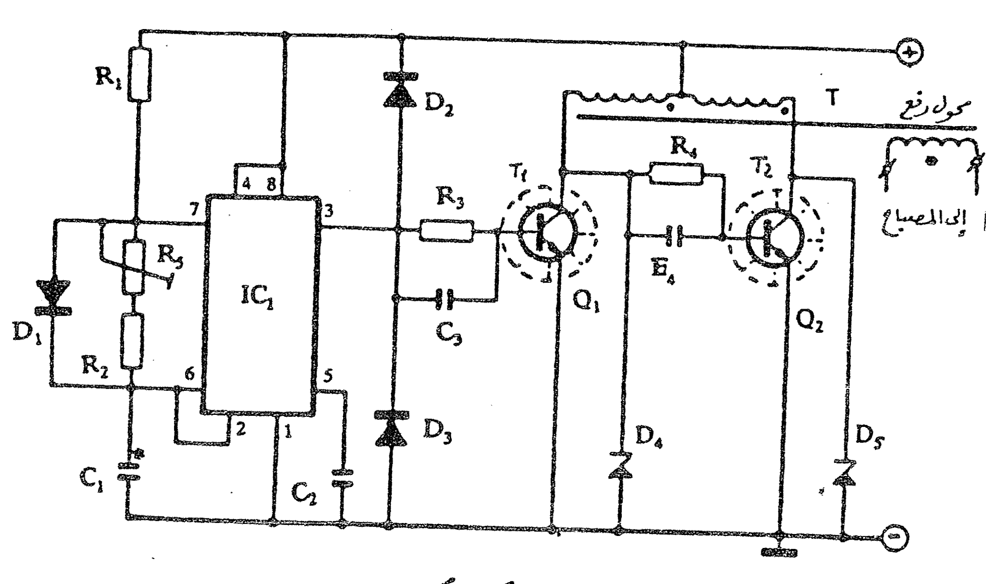
جـ) يوصل طرف أرضى معدنى للبطارية على بعد معين من المصباح ليساعد على سرعة بداية التشغيل

وتستخدم كابحات التيار الالكترونية التى تعمل من مصدر تيار مستمر $D.C$ فى إضاءة مصابيح الطائرات وعلامات السفن وإضاءة الطوارئ .

توجد كابحات تيار لتشغيل مصباحين فلوريسنت معاً ، فمثلاً يوضح شكل (12-6)أ



شكل (٤-١٢) دائرة كابح تيار يغذى من مصدر تيار مستمر



شكل (٥-١٢) دائرة كابح تيار الكترونى

دائرة كابح تيار تعمل من مصدر تيار متردد $220V$ لإضاءة مصباحين فلورسنت عادية قدرة كل مصباح $40w$ كما فى شكل (12-6)ب . حيث يتم تحويل جهد المصدر المتردد (A.C) إلى تيار مستمر (D.C) ثم يتحول إلى موجه مربعة ذى تردد عالى من خلال الترانزستورين T_2, T_1 ويكبر هذا الجهد لقيمة تشغيل المصباحين . ويمتاز هذا الكابح بالآتى :

* توفير الطاقة
* بداية تشغيل سريعة
* عمر أطول
* وزن خفيف (حوالى 200 جرام)
* لا يحدث شوشرة
* لا يحدث إرتعاش

أيضاً يوضح شكل (12-7) دائرة كابح تيار الكترونى لتشغيل مصباحين فلورسنت عادية قدرة $2 \times 40W$ أو أربعة مصابيح فلورسنت قدرة $4 \times 20W$

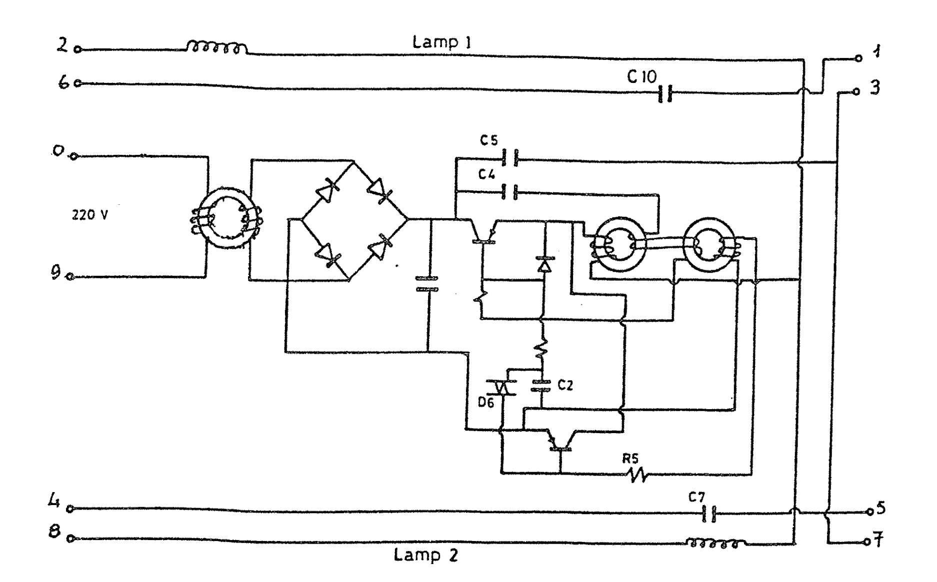
بينما يوضح شكل (12-8) دائرة نوع آخر من كابحات التيار الالكترونية والتى تستخدم لإضاءة مصباح فلورسنت $40w$

من عيوب دوائر كابحات التيار السابقة إنها مصدر للتوافقيات العالية جداً مع إنخفاض معامل القدرة ولها معدل عالى للأعطال بالكابح . وقد تم التغلب على هذه العيوب بإنتاج الجيلين الثانى والثالث لكابحات التيار .

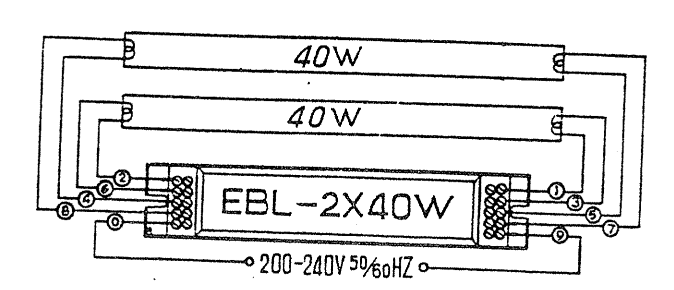
ويوضح شكل (12-9) الدائرة الالكترونية لاحد أنواع كابحات التيار الالكترونية (الجيل الثالث) والتى تستخدم مع مصابيح الفلورسنت قدرة $36w$ أو $2 \times 24w$ والتى تمتاز بعمر تشغيل طويل ، وتتحمل الجهود المرتفعة ، وتعمل عند إنخفاض الجهد ، ونسبة التوافقيات أقل من الحدود المسموحة عالمياً ، ومفقودات منخفضة جداً ...

وتتكون الدائرة من :

* مرشح إخماد التداخل اللاسلكى

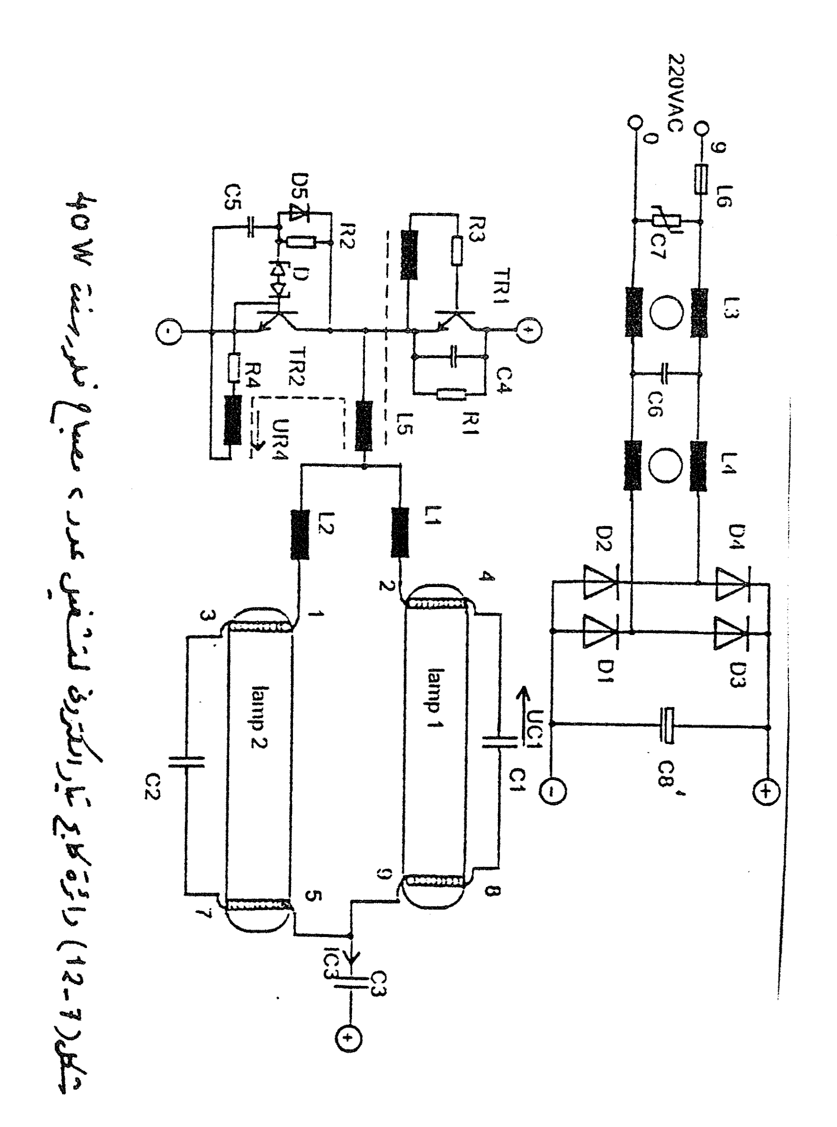


(أ) مكونات دائرة كابح التيار

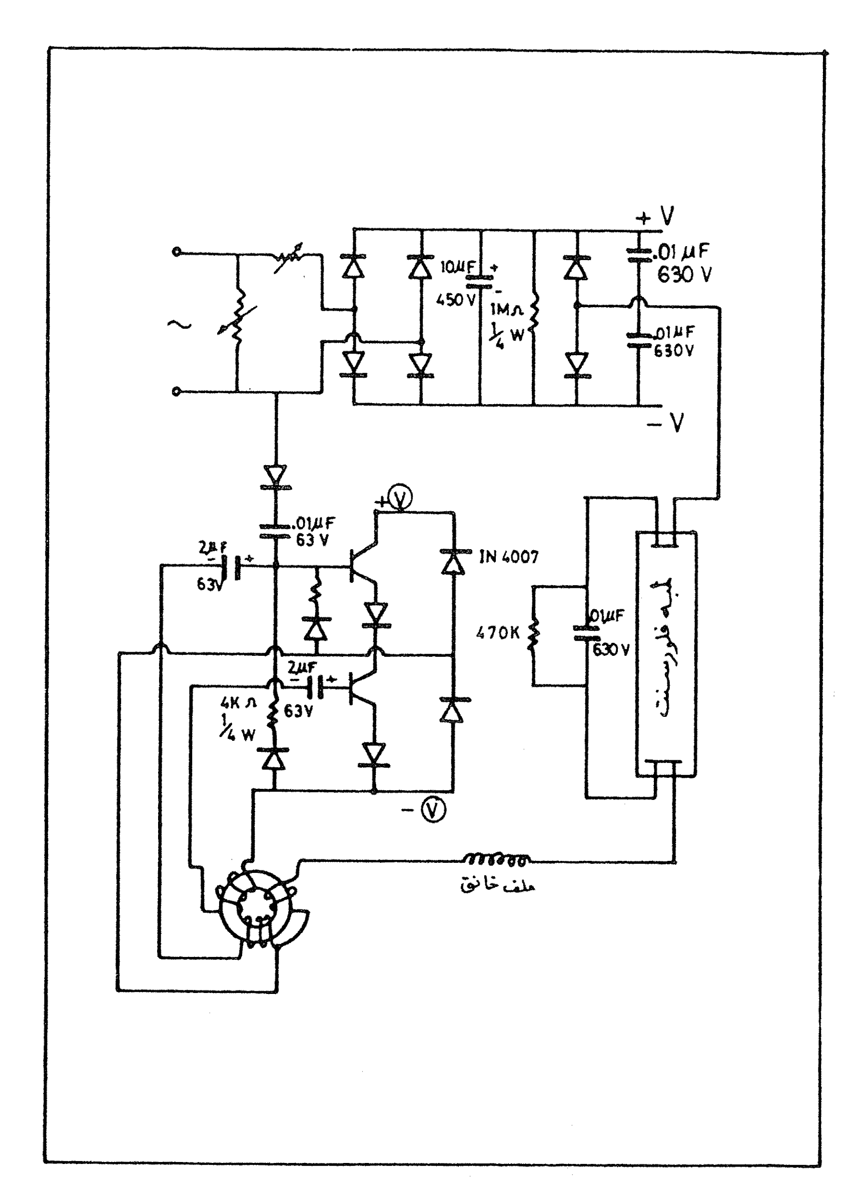


(ب) توصيل كابح التيار مع المصابيح

شكل (6 - 12) كابح تيار الكتروني لتشغيل عدد ٢ مصباح فلورسنت تقليدي 40 W



شكل (٧-12) دائرة كابح تيار الكتروني لتشغيل عدد ٢ مصباح فلورسنت 40W



شكل (8-12) دائرة كابح الكتروني لتشغيل مصباح فلورسنت 40 W

* عنصر وقاية ، والذى يعزل كابح التيار عند حدوث إنهيار للمكونات أو للمصباح أو عند رفع المصباح من موضعه

* مولد ترددات

* بادئ تشغيل

* دائرة تحكم فى مدى الجهد

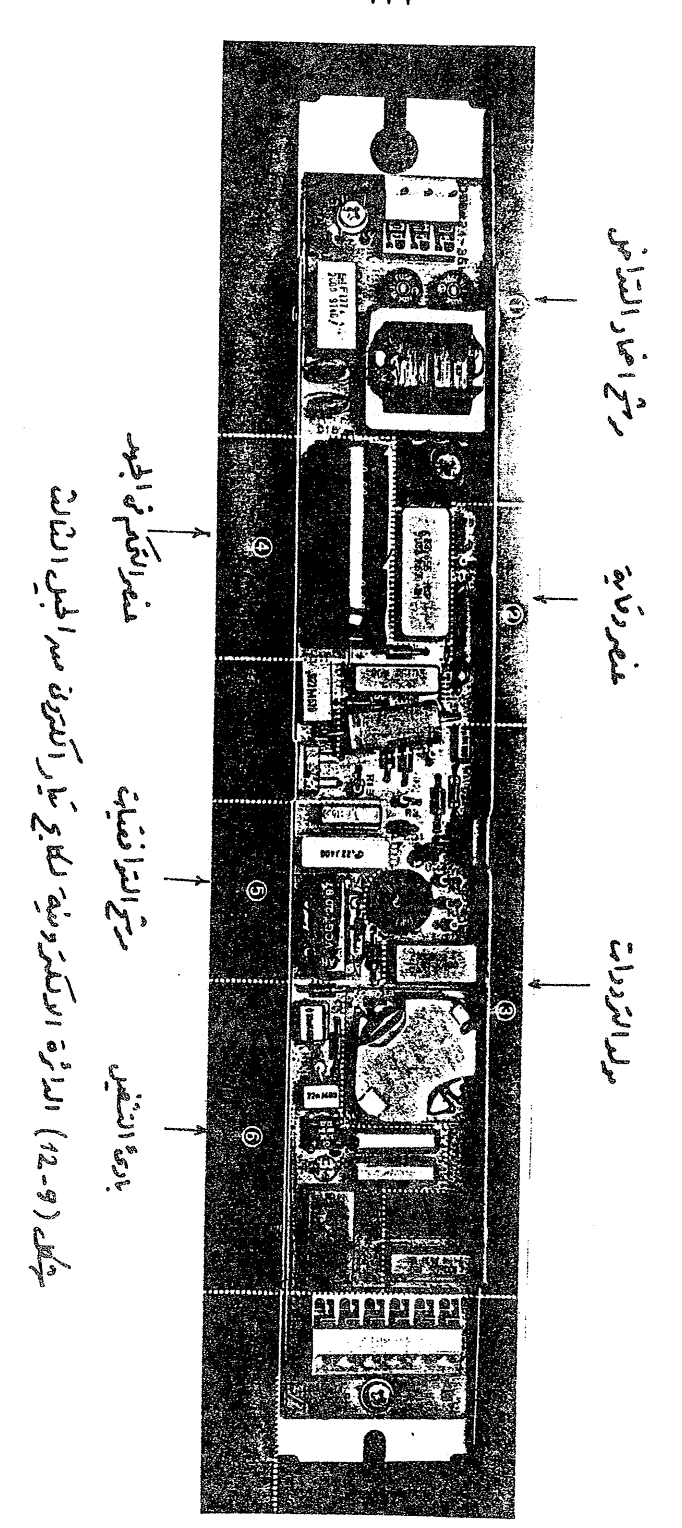
* دائرة مرشح التوافقيات وتحسين معامل القدرة

من كابحات التيار عالية الكفاءة من الجيل الثالث الدائرة الموضحة بالشكل *(12-10)* لتشغيل مصباح فلورسنت *50w* وتمتاز بأنها تعمل لمدى جهد من *180V* إلى *260V* ،ومعامل القدرة *0.93* ، وتوافقيات منخفضة جداً ويكون تردد مولد الترددات لهذا النوع حوالى *37KHz*

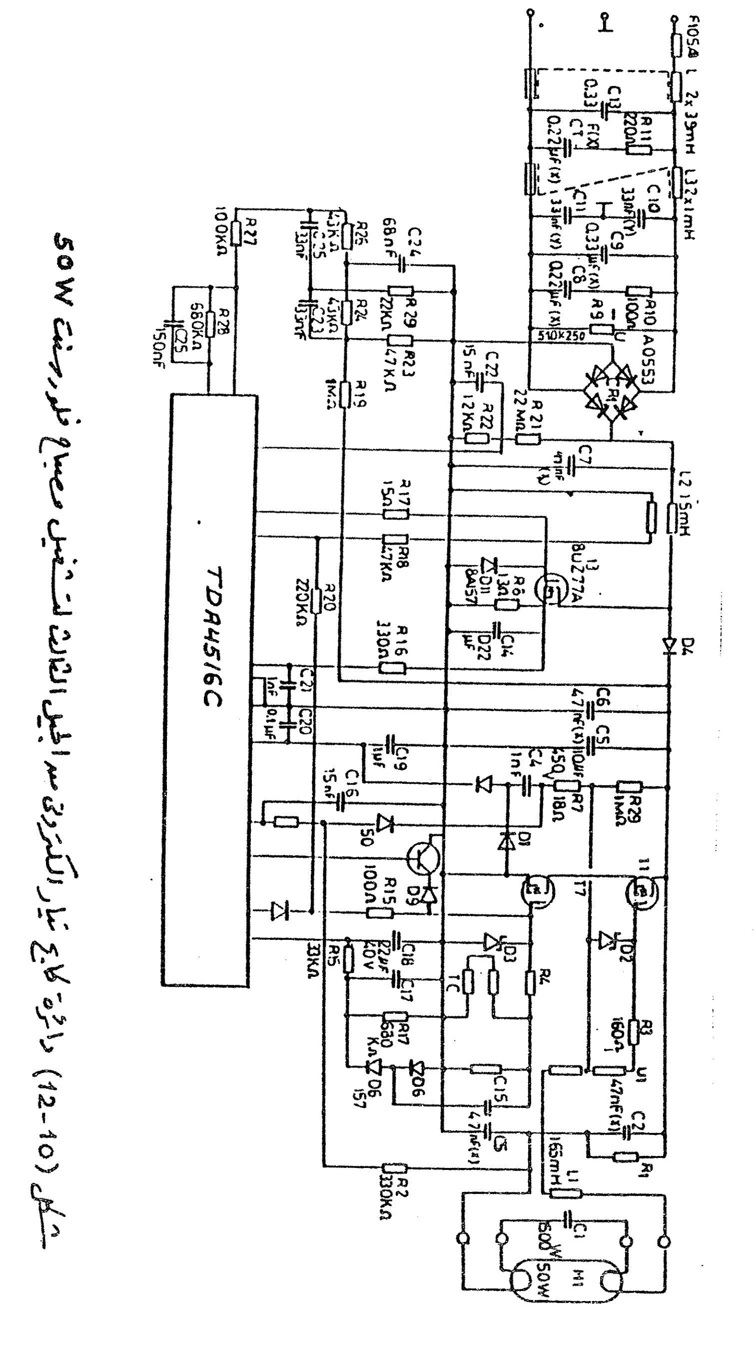
يبين شكل *(12-11)* كابح تيار الكترونى يستخدم مع مصباح فلورسنت مدمج موفر للطاقة قدرة *9-13 watt* جهد *230V*

وفى شكل *(12-12)* نوع آخر من كابحات التيار الالكترونية تستخدم مع مصباح فلورسنت مدمج موفر للطاقة قدرة *18 watt* جهد *230V*

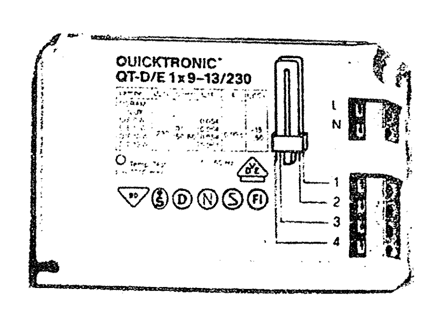
يمكن إستخدام كابح تيار الكترونى واحد لتشغيل عدد *2* مصباح فلورسنت مدمج موفر للطاقة كما فى شكل *(12-13)* وهو مناسب لقدرة *2 x 18w* وجهد *230V*



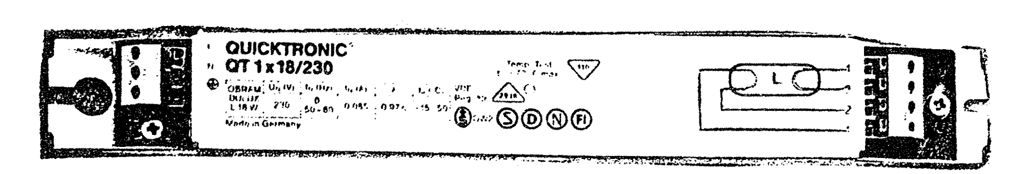
شكل (9-12) الدائرة الالكترونية لكابح تيار الكتروني من الجيل الثالث



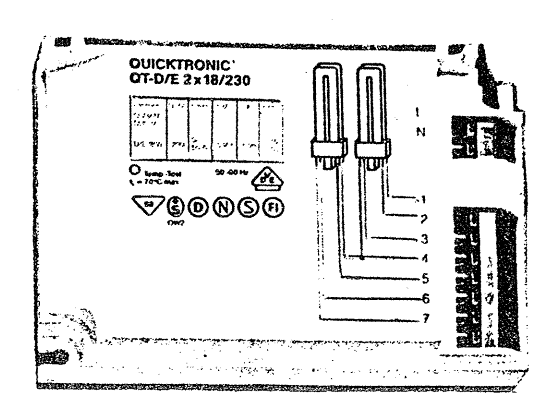
شكل (10-12) دائرة كابح تيار الكتروني من الجيل الثالث لتشغيل مصباح فلورسنت 50W



شكل (11-12) كابح تيار الكتروني لتشغيل مصباح فلورسنت مدمج موفر للطاقة
قدرة 9-13 Watt



شكل (12-12) كابح تيار الكتروني لتشغيل مصباح فلورسنت مدمج موفر للطاقة
قدرة 18 Watt



شكل (13-12) كابح تيار الكتروني لتشغيل مصباحين فلورسنت مدمجة
موفرة للطاقة قدرة 2X18 W

التوافقيات ومعامل قدرة كابحات التيار

تم قياس معامل القدرة والتشوة الكلى للتوافقيات (Total harmonic distortion) والذى يرمز له بالرموز THD والتوافقيات المنفصلة (Harmonic spectrum) فى موجة التيار والتى يرمز لهم بالرموز .... ,I_3, I_5, I_7, I_9 . ورسم موجات التيار والجهد للحالات الآتية :

أ) تشغيل مصباحين فلورسنت 2 X 40W بكابح تيار الكترونى من الجيل الأول . النتائج موضحة فى جدول (12-4) ويلاحظ أن معامل القدرة منخفض ويساوى 0.586 وان التشوة الكلى لتوافقيات التيار مرتفعة جداً وتساوى 132% وإرتفاع قيم التوافقيات الثالثة والخامسة والسابعة .... وحتى السابعة عشر فى موجة التيار .

ب) تشغيل مصباحين فلورسنت 2 X 40w بكابح تيار الكترونى من الجيل الثالث والنتائج موضحة فى جدول (12-4) ، ويلاحظ أن معامل القدرة 0.973 وان التوافقيات الكلية فى التيار تساوى 12.58% وجميع التوافقيات المنفصلة فى موجة التيار منخفضة ويعتبر هذا النوع عالى الكفاءة .

ج) تشغيل مصباح فلورسنت 40w بكابح تيار الكترونى من الجيل الأول والنتائج موضحة فى جدول (12-5) ويلاحظ إنخفاض معامل القدرة وإرتفاع قيم التوافقيات .

د) تشغيل مصباح فلورسنت 40w بكابح تيار كهرومغناطيسى محسن وبدون استخدام مكثف تحسين معامل القدرة ويوضح جدول (12-5) النتائج لهذا النوع ويلاحظ إنخفاض معامل القدرة وأن نسبة التوافقيات مقبولة .

هـ) تشغيل مصباح فلورسنت 40w بكابح تيار كهرومغناطيسى محسن وبإستخدام مكثف تحسين معامل القدرة . ويوضح جدول (12-5) النتائج بعد إضافة المكثف . ويلاحظ تحسين معامل القدرة ، بينما تضاعفت نسبة التوافقيات عن حالة التشغيل بدون مكثف .

يوضح الشكل (12-14)أ،ب شكل موجتى التيار والجهد لحالتى تشغيل مصباحين فلورسنت 2 x 40w بكابح تيار الكترونى من الجيل الأول والجيل الثالث ويلاحظ أن موجه التيار فى حالة الجيل الأول عبارة عن موجه ابريه (Spike) مشوهة بينما أصبحت قريبة من الموجة الجيبية فى حالة كابح الكترونى من الجيل الثالث .

كذلك يوضح الشكل (12-15)أ،ب مقارنة بين موجتى التيار والجهد لحالتى تشغيل مصباح فلورسنت 40w بكابح الكترونى من الجيل الأول وآخر كهرومغناطيسى ويلاحظ أيضاً أن موجة التيار ابريه فى حالة الجيل الأول ، بينما تكون قريبة من الموجة الجيبية فى حالة الكابح الكهرومغناطيسى .

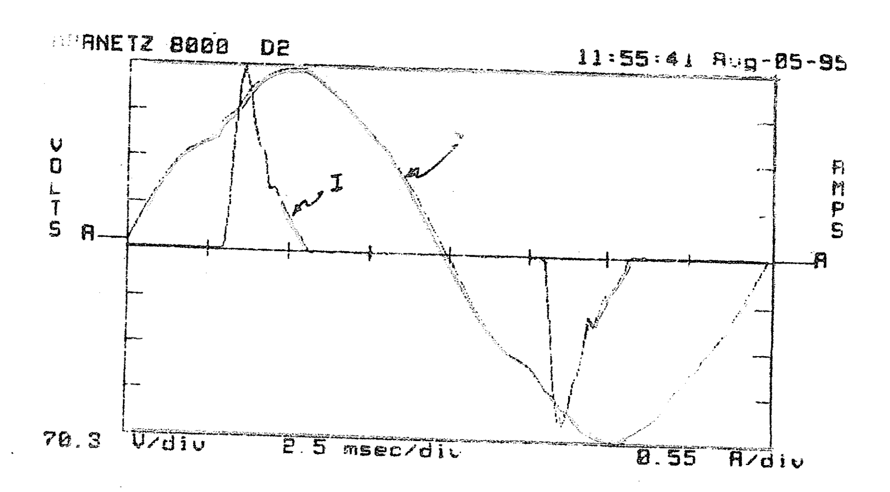
عند تركيب مكثف تحسين معامل القدرة للكابح الكهرومغناطيسى أصبحت موجة التيار مشوهة كما فى شكل (12-16) وتضاعفت نسبة التوافقيات الكلية فى التيار .

جدول (12-4) مقارنة بين نتائج اختبار كابح تيار الكترونى من الجيل الأول وآخر من الجيل الثالث .

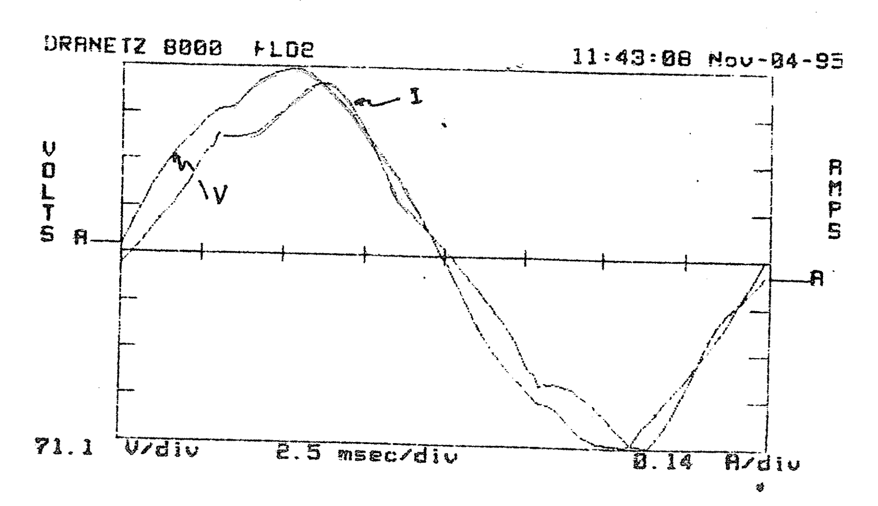
المتغيرات Parameters	كابح الكترونى من الجيل الأول 2 x 40w electro ballast	كابح الكترونى من الجيل الثالث 2 x 40w electro ballast
الجهد V	220 V	220 V
التيار I	0.576 A	0.333 A
القدرة W	74.258 watt	71.282 watt
معامل القدرة PF	- 0.586	0.973
التوافقية الكلية فى الجهد	THD (V) = 5.251%	THD (V) = 4.360%
التوافقية الكلية فى التيار	THD (I) = 132.2%	THD (I) = 12.58
التوافقيات المنفصلة فى التيار	I_3 = 88%	I_3 = 9.3 %
	I_5 = 67.95 %	I_5 = 8.5 %
	I_7 = 46.72%	I_7 = 2.0 %
	I_9 = 33.2%	I_9 = 1.2 %
	I_{11} = 28.96%	
	I_{13} = 26.64%	
	I_{15} = 22.01%	
	I_{17} = 17.37%	

جدول (5-12) مقارنة بين نتائج إختبار كابح تيار الكترونى من الجيل الأول وآخر كهرومغناطيسى .

المتغيرات Parameters	كابح الكترونى من الجيل الأول 40w electro ballast	كابح تيار مغناطيسى 40w Iron ballast	
		بدون مكثف	فى وجود مكثف
الجهد v	220 V	219 V	218 V
التيار I	0.265 A	0.326 A	0.205 A
القدرة w	36.38 w	43.605 w	42.349 w
معامل القدرة PF	-0.624	0.608	0.939
التوافقية الكلية فى الجهد	THD (V) =5.282 %	THD (V) =4.390 %	THD (V) =4.601 %
التوافقية الكلية فى التيار	THD (I) = 118.9%	THD (I) = 11.18%	THD (I) = 26.63%
التوافقيات المنفصلة فى التيار	I_3 = 85.6 %	I_3 = 10.29 %	I_3 = 8.108 %
	I_5 = 61.6 %	I_5 = 2.881 %	I_5 = 17.57 %
	I_7 = 39.2 %	I_7 = 0.833 %	I_7 = 2.703 %
	I_9 = 27.2 %	I_9 = 0.0 %	I_9 = 2.027 %
	I_{11} = 24.0 %	I_{11} = 0.0 %	I_{11} = 5.405 %
	I_{13} = 20.0 %	I_{13} = 0.0 %	I_{13} = 7.32 %
	I_{15} = 13.6 %	I_{15} = 0.0 %	I_{15} = 7.432 %
	I_{17} = 9.6 %	I_{17} = 0.0 %	I_{17} = 3.378 %

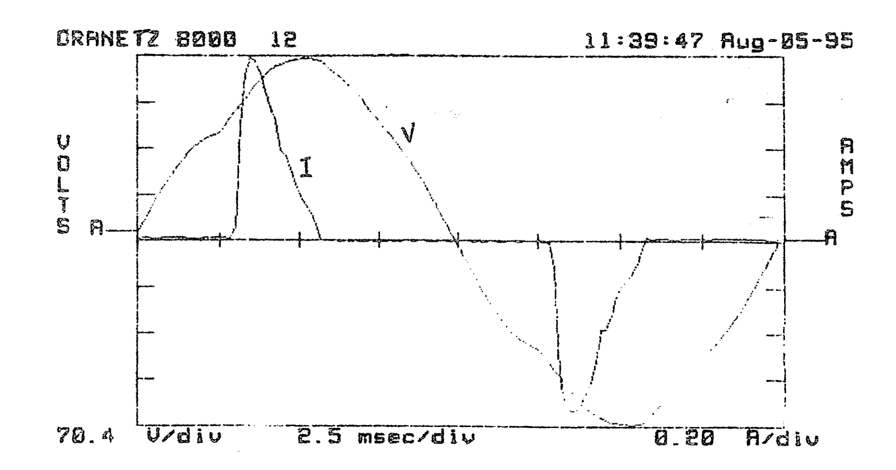


(أ) موجة التيار والجهد لمصباحين فلورسنت مع كابح تيار الكترونى من الجيل الأول

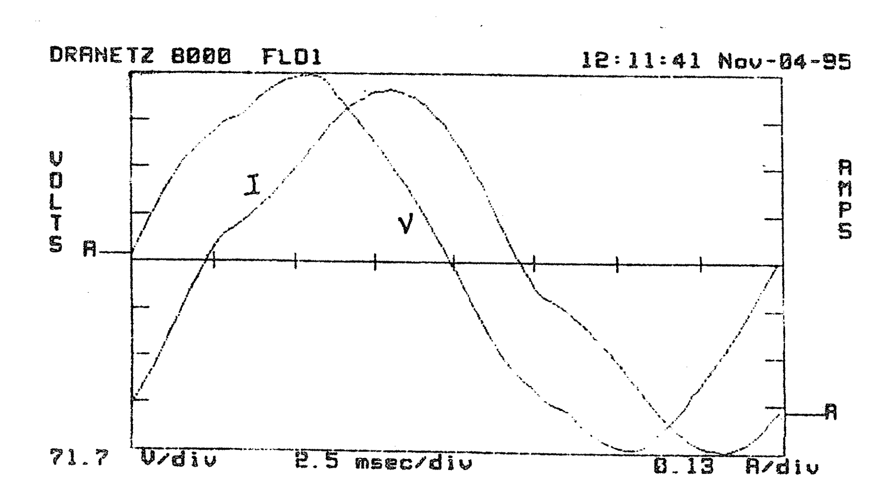


(ب) موجة التيار والجهد لمصباحين فلورسنت بكابح تيار الكترونى من الجيل الثالث

شكل (١٤-٩٢) مقارنة موجة التيار والجهد لحالتى كابحى تيار الكترونى من الجيل الأول والثالث

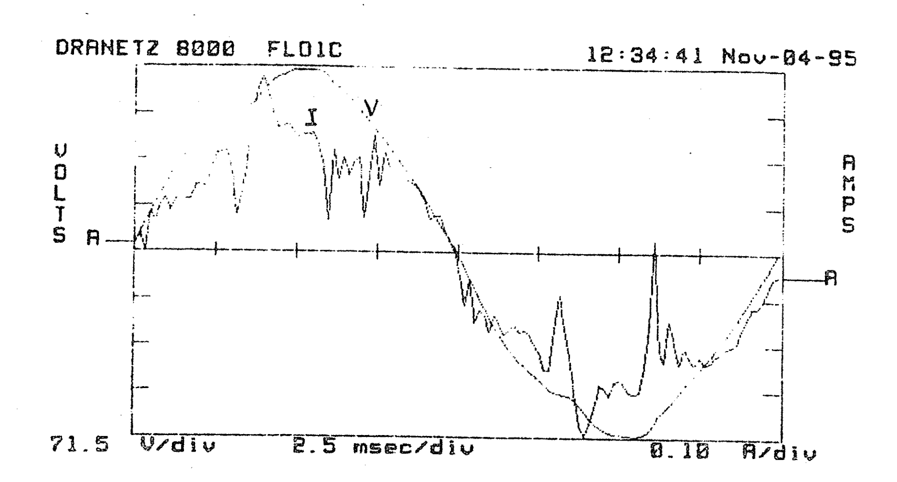


(أ) موجتي التيار والجهد لمصباح فلورسنت وكابح تيار الكتروني من الجيل الأول



(ب) موجتي التيار والجهد لمصباح فلورسنت وكابح تيار كهرومغناطيسي

شكل (12-15) مقارنة موجتي التيار والجهد في حالتي كابحي تيار الكتروني من الجيل الأول وآخر كهرومغناطيسي



شكل (12-16) موجتى التيار والجهد لمصباح فلورسنت وكابح تيار كهرومغناطيسى ومكثف تحسين معامل القدرة .

عيوب كابحات التيار الالكترونية

* بعض الأنواع التى لا تحتوى على مرشح «تداخل» تنتج توافقيات تؤثر على مصدر التغذية .

* غالى الثمن بالمقارنة بجميع الأنواع الأخرى .

* إرتفاع معدل الأعطال (للجيل الأول فقط) .

العوامل المؤثرة في إختيار كابحات التيار

1) عامل الكابح *(Ballast Factor) (BF)*

هو النسبة بين الفيض (اللومن) الناتج من تشغيل مصباح مع كابح تجارى إلى الفيض (اللومن) الناتج من تشغيل مصباح مع كابح قياسى .

لكل معمل قياسى للمصابيح يوجد كابح قياسى ، عبارة عن مفاعل مثالى ، لكل نوع من المصابيح والذى يستخدمه الصانع لتحديد مقنن اللومن للمصباح . لجميع كابحات التيار المتاحة بالأسواق نسبة فقد فى القدرة ، هذه القدرة لا تنتج ضوء . يستعان بعامل الكابح لقياس الفرق بين الضوء الناتج من كابحات التيار المتاحة بالأسواق وكابح التيار القياسى ، والذى يكون فقده صفر .

نحصل على عوامل مختلفة للكابح عند تشغيل نفس الكابح مع أنواع من المصابيح المختلفة وتكون القيمة القياسية لكابح تيار مغناطيسى قياسى حوالى *0.92*

2) عامل كفاءة الكابح *(Ballast Efficiency Factor) (BEF)*

هو النسبة بين عامل الكابح الى قدرة المدخل بوحدة *Lm/w*

ويستخدم هذا العامل لمقارنة كفاءة الكابحات والمصابيح المختلفة . وتعتمد قيمة حدود العامل على قدرة المصابيح (بالوات) ، ويتم مقارنة العامل *BEF* للنظم المتماثلة فقط .

يكون مدى عامل كفاءة الكابح لمصباحين قدرة كل مصباح *40w* بين *1.0* الى *1.3* بينما يكون بين *2.0* الى *2.5* لمصباح قدره *40w* .

3) معامل القدرة *(Power Factor) (PF)*

يكون معامل القدرة صغير فى حالة استخدام ملف كبح تيار تقليدى ، بينما يزيد معامل القدرة فى حالة التسخين المتقدم *(Preheat)* نتيجة استخدام مكثف منفصل ، وتستخدم أغلب طرق التشغيل السريع مكثفات داخل كابح التيار ، يستخدم مكثف منفصل لتحسين معامل القدرة لنظم الإضاءة العادية ، وعادة يكون معامل القدرة أقل من *0.79* عند عدم استخدام مكثف ، ويكون أعلى من *0.9* بإستخدام مكثف تحسين معامل القدرة .

4) كفاءة المصباح والكابح معاً

هو حاصل ضرب الفيض الضوئى للمصباح فى العامل BEF مقسوماً على 100

مثال :

قدرة مصباح 36w والفيض 3000 Lm

لكابح كهرومغناطيسى قياسى BF = 0.92

الحل :

$$\text{كفاءة مخرج المصباح} = \frac{3000}{36} = 83 \quad Lm/w$$

$$\text{عامل كفاءة الكابح} = BEF = \frac{0.92 \times 100}{86} = 1.06 \quad w^{-1}$$

$$\text{كفاءة المصباح والكابح معاً} = \frac{\text{الفيض باللومن} \times BEF}{100}$$

$$= \frac{300 \times 1.06}{100} = 63.6 \quad Lm/w$$

التوصيات الشائعة لتوفير الطاقة والإحتياجات التي يجب أن تؤخذ في الإعتبار

توجد وسائل حديثة ومتطورة فنياً وتكنولوچيا للوصول إلى الوفر الأمثل للطاقة مع الحفاظ بمستوى الضوء المناسب والقياسى . يوضح جدول (12-6) بعض التوصيات الشائعة والإحتياطات الواجب إتباعها .

جدول (12-6) بعض التوصيات الشائعة لوفر الطاقة والإحتياطات الواجب إتباعها

عناصر وفر الطاقة	الإحتياطات
1- الاستخدام المناسب لضوء النهار	* نظافة وصيانة نوافذ الضوء من الأتربة والغبار * أن تكون مساحات النوافذ مناسبة * إستعمال زجاج مزدوج للعزل الحرارى * تجنب البهر من النوافذ باستخدام ستائر
2- استخدام المصابيح عالية الكفاءة (أو الموفرة للطاقة)	* استخدام كابحات تيار الكترونية * استخدام كابحات تيار كهرومغناطيسية عالية الكفاءة * استخدام مساعدات الإضاءة التى تحقق الحدود المسموحة للبهر * إستبدال المصابيح منخفضة الكفاءة
3- استخدام الإضاءة الموضعية أو الموجهة بدلاً من الإضاءة العامة	* تجنب الإختلاف الكبير بين مستويات الإضاءة والبهر المباشر * إختيار المصابيح ذات التحليل الطيفى المناسب
4- زيادة معدل عمليات الصيانة	* عدم المبالغة فى الصيانة لتجنب زيادة تكاليف الإضاءة
5- التحكم فى ساعات تشغيل المصابيح الكهربائية	* تقليل عدد ساعات تشغيل الإضاءة * إضافة أجهزة الإستشعار (للمصابيح الفلورسنت) * تركيب مفاتيح اتوماتيكية زمنية مبرمجة * التنبيه بإطفاء الأضواء الغير محتاج إليها

الباب الثالث عشر

تكاليف الإضاءة

Cost Of Lighting

من الحقائق أن الإضاءة فى الإماكن الصناعية والتجارية مجال جيد لتوفير الطاقة بقدر محسوس وبتكاليف منخفضة نسبياً . وحيث أن متطلبات الإضاءة بالقطاع الصناعى والتجارى تمثل نسبة مرتفعة من الطاقة المستهلكة فإنه يمكن بإتباع توصيات معينة خفض طاقة الإضاءة وبالتالى خفض الطاقة الكلية المستهلكة بالقطاعات الصناعية والتجارية . ومن هذه التوصيات : الإستخدام المناسب لضوء النهار (الإضاءة الطبيعية) - إستخدام المصابيح عالية الكفاءة - زيادة عمليات الصيانة وقد أدى التطور الحديث والسريع فى تكنولوچيا وتصميمات الإضاءة إلى تحقيق وفر كبير لأصحاب المشروعات الصناعية والتجارية ، فالمصابيح الجديدة تمتاز بأنها موفرة للطاقة ولها عمر تشغيل أطول بالإضافة إلى أن كابحات التيار وأجهزة التوقيت والعواكس من الممكن أن تساعد بكفاءة فى رفع نظم الإضاءة المستخدمة وخفض كمية الطاقة بالقطاعات الصناعية والتجارية وبالتالى خفض تكاليف الإضاءة .

وتتكون تكاليف الاضاءة من تكاليف كل من المصابيح ومساعدات الإضاءة والصيانة والكهرباء ، وعموماً فإنه كلما كانت التكاليف الأولية لشراء المصابيح منخفضة كلما كانت التكاليف الكلية مرتفعة .

تنقسم تكاليف الإضاءة إلى :

* تكاليف ثابتة .

* تكاليف تشغيل .

التكاليف الثابتة *Capital Cost*

هى التكلفة الأساسية لجميع المكونات من مصابيح وملحقات . فمثلاً التكلفة للمصابيح المتوهجة هى سعر المصابيح فقط ، بينما فى حالة المصابيح الفلورسنت فإن التكلفة عبارة عن سعر المصابيح والملحقات من كشاف وكابح تيار وبادئ تشغيل وعاكسات وناشرات .... وتتلخص ملحقات مصابيح التفريغ الغازى فى :

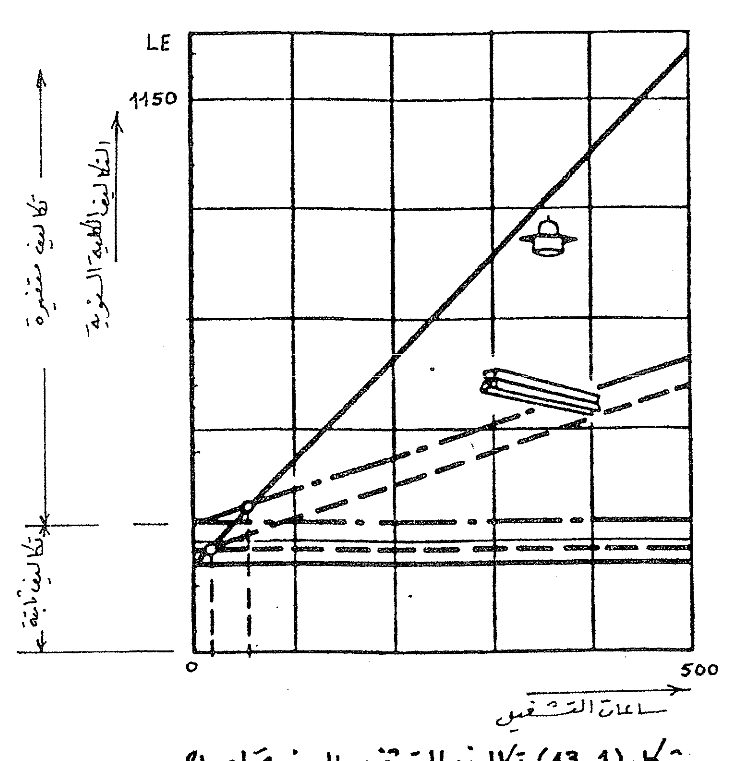
* العاكس *Reflector* ، أو ناشـر *Diffuser* ، أو عـدسـة *Lense* ، أو مـرشح ألوان *Colour Filter*
* ماسك المصباح *Lamp holder*
* كابح التيار *Ballast*
* بادئ التشغيل *Ignitor*
* مكثف تحسين معامل القدرة *Power factor capacitor*

بالإضافة إلى تكلفة التركيب خارج المباني يضاف تكلفة برج تثبيت أو مثبتات على واجهة المباني .

ويوضح جـدول *(13-1)* التكاليف الثابتـة لبعض أنواع المصابيح ومساعدات الإضاءة .

جدول *(13-1)* التكاليف الثابتة لبعض أنواع المصابيح .

النــــــوع	القدرة الأسمية	تكلفة المصباح	المساعدات LE		
	Watt	LE	كابح تيار	بادئ التشغيل	كشاف
المصابيح المتوهجة	100	1.60			
	150	2.00			
	200	2.50			
المصابيح الفلورسنت					
* قطر 38mm وطول 120cm	40	5.5	- تقليدى 11		10 / Lamp
* قطر 38mm وطول 60cm	20	5.0	- الكترونى		
* قطر 26mm وطول 120cm	36	4.3	(لمصباحين)	1.25	
* قطر 26mm وطول 60cm	18	3.7	56, 110, 180		
المصابيح الفلورسنت المدمجة					
* بكابح تيار الكترونى	7,9,11,15	70-75			
	20	95			
	23	105			
* بكابح تيار تقليدى	7, 9	15			
	11	18			
	13	20	11	دويل 6	
	18	25			
مصابيح هالوچين 220 V	100	32			



شكل (1-13) تكاليف التشغيل السنوية لمصباح متوهج وآخر فلورسنت لنفس الفيض الضوئي

——— منحنى المصباح المتوهج

—.—.— منحنى المصباح الفلورسنت مع استخدام مكثف تحسين لعامل القدرة

— — — منحنى المصباح الفلورسنت بدون مكثفات تحسين معامل القدرة

تكاليف التشغيل *Operation Cost*

وهى تكلفة الصيانة (سواء النظافة أو الطلاء أو تغيير المصابيح) وتكلفة إستهلاك الطاقة الكهربائية : وتعتبر تكاليف التشغيل تكاليف متغيرة .

التكاليف الكلية السنوية *Total Annual Cost*

هى مجموع التكاليف الثابتة وتكاليف التشغيل السنوية . ويتم حسابها بمعرفة عدد المصابيح وسعرها ، وتكلفة مساعدات الإضاءة - إن وجدت - وعمر تشغيل المصابيح - وسعر الطاقة الكهربائية ...

ويمكن التعبير عن التكاليف الكلية السنوية بإستخدام المعادلة التالية :

$$K = A\,(P\%) + B\,\frac{T}{b} + S.N.T \;\ldots\ldots\ldots\; (13\text{-}1)$$

حيث :

K = التكاليف الكلية السنوية

A = تكاليف مساعدات الإضاءة

$P\%$ = نسبة الإستهلاك السنوى (والذى يؤخذ عادة 15%)

B = تكاليف المصابيح

b = عمر تشغيل المصابيح بالساعة فى السنة (معدل التشغيل *hr/yr*)

T = ساعات التشغيل السنوية

S = تكاليف الطاقة لكل وحدة كيلووات ساعة

N = القدرة المقننة لنظام الإضاءة بالكيلووات (المصابيح وكابحات التيار)

بإستخدام المعادلة رقم *(13-1)* يمكن الحصول على المثال الموضح فى شكل *(13-1)* للمقارنة بين التكاليف الكلية السنوية لمصباح متوهج وآخر فلورسنت لهما نفس الفيض الضوئى ، كذلك المقارنة عند إستخدام مكثفات تحسين معامل القدرة أو عدم إستخدامها .

توجد طرق متعددة لحساب تكاليف الطاقة الكهربائية ومن الطرق السهلة والبسيطة

والسريعة طريقة تكاليف التشغيل فى الساعة *(Hourly operating cost)* والتى تعتمد على إستخدام الجدول رقم *(13-2)* بمعرفة نوع وقدرة المصباح وتكلفة إستهلاك وحدة الطاقة الكهربائية *(LE/kwh)* نحصل على تكلفة طاقة المصباح بوحدة *LE/hr*

فمثلاً : مصباح فلورسنت *40w* ساعات التشغيل *4000hr* وبأخذ سعر الطاقة *LE 0.15/kwh* نحصل بطريقة سريعة جداً من الجدول على :

تكلفة طاقة المصباح الفلورسنت = *LE 0.008 / hr*

التكلفة السنوية للطاقة = *LE 0.008 / hr x 4000 hr/yr*

= *LE 32/yr*

جدول *(13-2)* تكاليف الطاقة فى الساعة *(LE/hr)* لأنواع مصابيح مختلفة

قدرة ونوع المصباح	سعر *Kwh*		
	LE. 0.10/kwh	*LE. 0.15/kwh*	*LE. 0.20/kwh*
فلورسنت *40w*	*0.005*	*0.008*	*0.010*
متوهج *100w*	*0.010*	*0.015*	*0.020*
زئبق مخلوط *160w*	*0.016*	*0.024*	*0.032*
زئبق مخلوط *250w*	*0.025*	*0.038*	*0.050*
صوديوم عالى الضغط أو بخار زئبق *250w*	*0.029*	*0.043*	*0.058*

تحليل تكاليف الإضاءة لعدد من الأنظمة :

تنقسم تكاليف الإضاءة إلى تكاليف ثابتة وتكاليف تشغيل ، ولحساب كل من التكاليف الثابتة الأولية وتكاليف التشغيل والتكاليف الكلية السنوية لنظم مختلفة ، فإنه يجب عمل المقارنة عند فروض محددة ومعينة حتى تكون المقارنة عادلة وحقيقية . من بعض هذه الإعتبارات الهامة النقاط التالية :

1- تساوى شدة الإضاءة الناتجة : حيث أن النظم المختلفة للإضاءة لا تنتج نفس مستوى شدة الإضاءة عند التشغيل فإنه يجب تساوى التكلفة عند شدة الإضاءة *(Lux)*

2- تساوى معدلات إستهلاك الإستثمارات الأولية مع الأخذ فى الإعتبار كل من الفائدة والضرائب والتأمينات .

3- حالات التشغيل ، مثل معدل إستهلاك الطاقة ، وساعات التشغيل/سنة *(Buring hours)* ، ومعدل تكرار التشغيل للمصابيح ، كل ذلك يجب أن يتساوى للنظم التى ستقارن .

4- إسلوب وبرنامج النظافة لكل نظام .

5- معدلات تكاليف العمل *(Uniform labor rates)* (جنيه/ساعة) بين النظم المختلفة ، تؤخذ أيضاً فى الإعتبار وذلك لتقدير تكاليف الإنشاءات والنظافة .

ينقسم تحليل التكاليف إلى أربعة أجزاء هى :

* البيانات الأساسية *(Basic data)*

1- الفيض الضوئى الإسمى لكل مصباح *(Lm)*

2- عمر تشغيل المصباح

3- متوسط القدرة لكل مصباح *(Watt)*

4- القدرة لكل وحدة إضاءة (يؤخذ فى الإعتبار قدرة كابح التيار)

5- معامل الإنتفاع

6- عامل الصيانة

7- اللومن (الفيض) الفعال الدائم (ونحصل عليه من حاصل ضرب كل من : الفيض الضوئى الإسمى × معامل الإنتفاع × عامل الصيانة)

8- العدد النسبى لوحدات الإضاءة اللازمة لتساوى اللومن الدائم لكل نظام إضاءة

* التكاليف الثابتة أو الأولية *(Capital or initial costs)*

9- التكاليف الكلية لوحدة الإضاءة (تقديرية) (بدون المصباح)

10- التكاليف التقديرية للتركيبات

11- التكلفة الأولية للمصباح

12- التكاليف الأولية الكلية لكل وحدة إضاءة (وهى تساوى مجموع البنود 9, 10, 11)

13- التكلفة السنوية لكل وحدة إضاءة (تؤخذ 15% من مجموع البندين 9, 10) .

14- التكاليف الأولية النسبية عند تساوى شدة الإضاءة الدائمة ، والتى تساوى :

$$\frac{\text{(حاصل ضرب البندين 8, 12) للنظم المقارنة}}{\text{بند 12 للنظام الأساسى}}$$

* تكاليف التشغيل السنوى *(Annual operating costs)*

15- ساعات الإشتغال / السنة

16- التكاليف السنوية للطاقة ، والتى تساوى

(حاصل ضرب البندين 14, 15) × معدل السعر لكل كيلووات ساعة

17- عدد المصابيح التى يتم تغييرها خلال السنة ، والتى تساوى :

$$\frac{\text{حاصل ضرب بند 15 × عدد المصابيح بكل وحدة}}{\text{البند 2}}$$

18- تكلفة المصباح (من حاصل ضرب البند 17 فى السعر الكلى لكل مصباح) [مع عمل عملية جبر للقيمة الأعلى بالنسبة لأى كسر عددى] .

19- تكاليف تغيير المصابيح .

20- تكاليف النظافة (مرتين كل سنة) .

21- التكاليف السنوية الكلية للتشغيل لكل وحدة إضاءة والتى تساوى :

(مجموع البنود 16, 18, 19, 20) .

22- التكاليف السنوية الكلية للتشغيل النسبية عند تساوى شدة الإضاءة والتى تساوى :

$$\frac{\text{حاصل ضرب البندين 8, 21 للنظام المقارن}}{\text{البند 21 للنظام الأساسى}}$$

* التكاليف السنوية الكلية *(Total annual cost)*

23- التكاليف السنوية الكلية عند تساوى شدة الإضاءة والتى تساوى :

$$\frac{\text{حاصل ضرب البند 8 فى (مجموع البندين 13, 12) للنظام المقارن}}{\text{مجموع البندين 13, 21 للنظام الأساسى}}$$

فترة الإسترداد (Payback Period)

وأحياناً تعرف بدورة الإسترداد البسيطة

تعتبر دورة الإسترداد بدون حساب الفائدة هى أبسط طرق تحليل التكاليف الفعلية لمشروع بالإضافة إلى أنها الأكثر شيوعاً .

وتعرف دورة الإسترداد بأنها الزمن المطلوب لإسترجاع التكلفة الأولية للإستثمار من المدخر السنوى الناتج من الإستثمار ويعبر عنها رياضياً من المعادلة :

$$\text{فترة الإسترداد البسيطة} = \frac{\text{التكلفة الأولية للمشروع (بالجنيه)}}{\text{المدخر الكلى فى السنة (جنيه/السنة)}} \text{ السنة}$$

تتكون التكلفة الأولية للمشروع من التكاليف الثابتة وتكاليف الإنشاءات والتركيبات. عادة يشمل المدخر السنوى الوفر فى استهلاك الكهرباء نتيجة تقليل الإضاءة وإستهلاك التكييف (إن وجد) ، وإنخفاض تكاليف الصيانة وزيادة تكلفة السخونة (إن وجدت) .

يفضل إستخدام طريقة فترة الإسترداد البسيطة لتقدير التكاليف الأولية التقريبية لمشروع .

إسترجاع الإستثمار (Return on Investment)

ويرمز له بالرموز ROI

هو طريقة حساب نسبة استرجاع تكلفة الإستثمار ويخضع للمعادلة الآتية :

$$\text{نسبة الإسترجاع (ROI\%)} = \frac{\text{(المدخر السنوى الكلى – التكلفة الأولية) ÷ الفترة الزمنية}}{\text{التكلفة الأولية}}$$

بالنسبة للمصابيح فإن

المدخر السنوى = الوفر فى قدرة المصابيح × معدل ساعات التشغيل × تكلفة إستهلاك الكهرباء

المدخر السنوى الكلى = المدخر السنوى × عمر تشغيل المصابيح

التكلفة الأولية = عدد المصابيح × سعر المصابيح

الفترة الزمنية = عمر تشغيل المصابيح

تأثير التهوية علي الإضاءة :

يصاحب تشغيل المصابيح حدوث حرارة ، وتعتمد كمية الحرارة الناتجة مباشرة على قدرة المصباح ، فيصدر من المصباح *40* وات ضعف الحرارة الصادرة عن المصباح *20* وات . وعلى ذلك فإن :

* المنشأة ذات الإضاءة بمصابيح قدرات عالية تحتاج إلى تكاليف تكييف الهواء .

* أى منشأة يمكن أن تقلل تكاليف الهواء إذا إستخدمت مصابيح ذات قدرة أقل حيث أنها تؤدى إلى إنخفاض درجة الحرارة المراد التخلص منها .

يمكن تقدير القدرة المستهلكة فى الحرارة المحسوسة للمصابيح من العلاقة الآتية :

$$Q = N \times W \times UF \times CLF \quad \text{....................} \quad (13\text{-}2)$$

حيث :

Q = قدرة الحرارة المحسوسة من الإضاءة (وات)

N = عدد وحدات الإضاءة

W = قدرة وحدة الإضاءة (وات) [المصباح وكابح التيار]

UF = عامل النفع *(Use factor)*

وهو النسبة بين قدرة المصابيح المستعملة إلى القدرة الكلية لمصابيح المنشأة

CLF = عامل حمل التبريد *(Cooling load factor)*

ويعتمد عامل حمل التبريد *CLF* على العوامل الآتية :

* نوع وحدات الإضاءة

* توزيع الإضاءة

* خصائص المكان

* زمن تشغيل المصابيح .

ويمكن فرض قيم CLF كالتالى :

* إذا كان زمن الإضاءة $10hr$ أو أكثر ، أو إذا كان نظام التكييف يعمل فقط أثناء الإضاءة ، فإن CLE تفرض مساوية للواحد الصحيح .

* إذا كان زمن الاضاءة لعدد قليل من الساعات كل يوم ، فإن CLE تقدر من 0.5 إلى 0.8

ومن معرفة قدرة الحرارة المحسوسة من الإضاءة ، فإنه يمكن حساب تكلفة هذه القدرة من المعادلة الآتية :

$$C = Q \times \frac{1}{COP} \times \frac{H}{1000} \times k \quad \text{.................. (13-3)}$$

حيث :

C = تكلفة التبريد خلال الفترة H (بوحدة LE)

Q = قدرة الحرارة المحسوسة من الإضاءة $(Watt)$

H = فترة التشغيل (hr)

K = حدود تكلفة الكهرباء (LE / kwh)

COP = معامل نظام التبريد *(Coefficient of performance of cooling system)*

وتؤخذ قيمة COP كالآتى :

التكييف نظام شباك أو تركيب على الحائط $COP = 2.0$

التكييف نظام شبابيك عالية الكفاءة ومجددة $COP = 2.5$

التكييف من نوع التمددات المباشرة أو نظام التبريد المركزى $COP = 3.0$

مثال *(13-1)* :

يحتاج مصنع إلى *4000* ساعة إضاءة سنوياً بحمل مقداره *20* كيلووات ـ يستخدم مصابيح تنجستن بعدد *200* وقدرة كل مصباح *100* وات ـ سعر المصباح *LE 1.6* ـ تكلفة إستهلاك الكهرباء *LE .15/kw* ـ عمر تشغيل المصابيح *2000* ساعة

إحسب التكلفة السنوية للإضاءة .

الحل :

بإستخدام المعادلة رقم *(13-1)* فإن تكلفة المصابيح :

$B = 200 \times 1.6 = 320\ LE$

$b = 2000\ hr$

$T = 4000\ hr$

$A = 0.0$

$S = LE\ 0.15/kwh$

$$N = \frac{100w}{1000} \times 200 = 20\ kw$$

وعلى ذلك فإن التكاليف الكلية السنوية هى :

$$K = 0.0 + 320\ \frac{4000}{2000} + (0.15 \times 20 \times 4000)$$

$\therefore K = 12640 \quad LE$

مثال *(13-2)*

يمكن بإستخدام عدد *200* مصباح فلورسنت الحصول على نفس الإضاءة المطلوبة فى المثال السابق بإعتبار قدرة المصباح *40*وات والتكلفة الثابتة للمصباح الواحد *LE 15.35* وعمر تشغيل المصباح *4000* ساعة .

إحسب التكلفة السنوية للإضاءة .

الحل :

بإستخدام المعادلة رقم *(13-1)* فإن :

$A + B = 200 \times 15.35 = 3070\ LE$

$b = 4000\ hr$

$T = 4000\ hr$

$S = LE\ 0.15/kwh$

$$N = \frac{40w}{1000} x\,200 = 8\ kw$$

التكلفة الكلية السنوية هى :

$$K = 3070\ \frac{4000}{4000} + (0.15\ x\ 8\ x\,4000)$$

$\therefore K = 7870 \qquad LE$

عند مقارنة المثالين السابقين نجد أن :

تكلفة المصابيح التنجستن = LE 640

تكلفة استهلاك الكهرباء للمصابيح التنجستن لمدة 4000 ساعة = LE 12000

تكلفة المصابيح الفلورسنت = LE 3070

تكلفة استهلاك الكهرباء للمصابيح التنجستن لمدة 4000 ساعة = LE 4800

أى أن :

الفترة اللازمة لإسترداد فرق التكلفة = $\frac{3070 - 640}{12000 - 4800} \cong 0.34\ yr.$

أى أنه يمكن إسترداد فرق التكلفة خلال أربعة أشهر .

مثال (3-13)

صالة مضاءة بعدد 200 مصباح فلورسنت 40w يلزم تغييرها بمصابيح فلورسنت موفرة للطاقة .

إحسب فترة أو دورة الإسترداد وقيمة استرجاع الإستثمار .

قدرة المصباح الفلورسنت وكابح التيار 48W

قدرة المصباح الفلورسنت الموفر للطاقة وكابح التيار 44W

عدد المصابيح 200

تكلفة المصباح الفلورسنت $LE\ 2.5$

تكلفة استهلاك الكهرباء $LE\ 0.15/kwh$

عمر تشغيل المصابيح الفلورسنت الموفرة للطاقة $12000\ hr$

معدل ساعات التشغيل $2400\ hr/yr$

الحل :

عمر المصابيح الجديدة $= \dfrac{12000\ hr}{2400\ hr/yr} = 5\ yr$

تكلفة المصابيح الفلورسنت $= 200 \times 2.5 = LE\ \ 500$

المدخر السنوى $(LE/yr) =$

الوفر فى قدرة المصابيح (kw) × معدل ساعات التشغيل (hr/yr)

× تكلفة استهلاك الكهرباء (LE/kwh)

∴ الوفر فى قدرة المصابيح $= (48 - 44) \times 200 \times 10^{-3} = 0.8\ kw$

المدخر السنوى $= 0.8 \times 2400 \times 0.15 = LE\ \ 288/yr$

فترة الإسترداد = التكلفة الأولية للمصابيح الفلورسنت ÷ المدخر السنوى

∴ فترة الإسترداد $= \dfrac{LE\ 500}{LE\ 288/yr} = 1.74\ yr \cong 21\ month$

أى أنه يمكن استرداد فرق التكلفة خلال 21 شهر تقريباً .

المدخر السنوى الكلى = المدخر السنوى × عمر المصابيح الجديدة

∴ المدخر السنوى الكلى $= 288 \times 5 = 1440\ LE$

نسبة الاسترجاع $(ROI\%)$ = [(المدخر السنوى الكلى – تكلفة المصابيح الفلورسنت) ÷ عمر المصابيح] ÷ تكلفة المصابيح الفلورسنت

$$\therefore ROI\% = \frac{(1440 - 500) \div 5}{500} \times 100 = 38\%$$

مثال (13-4)

فى المثال السابق إحسب الوفر الناتج من وجود نظام تبريد عالى الكفاءة يعمل عند تشغيل الإضاءة فقط .

الحل :

بإستخدام المعادلة (2-13) فإن :

$$Q = N \times W \times UF \times CLF$$

$$Q = 200 \times 4 \times 1 \times 1 = 800\ w$$

حيث أن نظام التبريد يعمل عند تشغيل الإضاءة فقط فإن $CLF = 1$

كذلك فإن $UF = 1$ بفرض أن جميع المصابيح فى المنشأة مضاءة فى نفس الوقت

$$C = Q \times \frac{1}{COP} \times \frac{H}{1000} \times k$$

حيث :

COP لتكييف نظام شباك عالى الكفاءة تساوى 2.5

$H = 2400\ h$

$k = LE\ 0.15/kw$

$$C = Q \times \frac{1}{2.5} \times \frac{2400}{1000} \times 0.15$$

$$\therefore C = LE\ 115.2$$

وعلى ذلك فإن الوفر السنوى نتيجة التبريد حوالى $LE\ 115$

وهى تمثل $40\% = \frac{115}{288}$ من الوفر السنوى

مثال (13-5)

حساب الوفر السنوى وقدرة الإسترداد لمصباح عادى وآخر مدمج موفر للطاقة

عناصر المقارنة	مصباح فلورسنت متوهج	مصباح فلورسنت موفر للطاقة
1- القدرة المسحوبة (watt)	75	23
2- شدة الإضاءة (Lm)	1200	1200
3- سعر المصباح (LE)	1.6	35
4- ساعات التشغيل (hr/yr)	4000	4000
5- تكلفة استهلاك الكهرباء (LE/kwh)	0.15	0.15
6- إستهلاك الكهرباء خلال 4000hr/yr	القدرة × ساعات التشغيل × تكلفة الاستهلاك = 0.075 x 4000 x 0.15 = LE 45/yr	القدرة × ساعات التشغيل × تكلفة الاستهلاك = 0.023 x 4000 x 0.15 = LE 13.8/yr
7- المدخر السنوى	LE 45/yr - LE 13.8/yr = LE 31.2/yr	
8- فترة الإسترداد	سعر المصباح الفلورسنت الموفر للطاقة ÷ المدخر السنوى $= \frac{35}{31.2} = 1.1\ yr \cong 13\ month$	

∴ يمكن إسترداد فرق التكلفة خلال ١٣ شهر تقريباً .

مثال (13-6)

حساب المدخر الكلى نتيجة تكاليف المصابيح وتكلفة استهلاك الكهرباء عند إستبدال مصباح عادى بآخر فلورسنت مدمج موفر للطاقة .

عناصر المقارنة	مصباح عادى متوهج	مصباح فلورسنت موفر للطاقة
1- القدرة المسحوبة (watt)	75	23
2- شدة الإضاءة (Lm)	1200	1200
3- سعر المصباح (LE)	1.6	35
4- العمر الافتراضى للمصباح (hr)	1000	8000
5- ساعات التشغيل (hr/yr)	4000	4000
6- تكلفة استهلاك الكهرباء (LE/kwh)	0.15	0.15
7- عدد المصابيح المكافئة لساعات التشغيل	8	1
8- إستهلاك الكهرباء خلال 4000hr/yr	القدرة × ساعات التشغيل × تكلفة الاستهلاك = 0.075 x 8000 x 0.15 = LE 90/yr	القدرة × ساعات التشغيل × تكلفة الاستهلاك = 0.023 x 8000 x 0.15 = LE 27.6/yr
9- سعر المصابيح خلال ساعات التشغيل LE	8 x 1.6 = 12.8	35
10- إجمالى سعر المصباح والاستهلاك	90 + 12.8 = LE 102.8	27.6 + 35 = LE 62.6
11- المدخر لصالح المصباح الفلورسنت	102.8 - 62.6 = LE 40.2	

مثال (7-13)

إستبدال مصابيح متوهجة عادية بمصابيح فلورسنت عادية

عناصر المقارنة	مصباح عادى متوهج	مصباح فلورسنت عادى
1- عدد المصابيح	100	
2- قدرة المصباح (watt)	200	44 (بإضافة الكابح)
3- شدة الإضاءة (Lm)	3450	2500
4- سعر المصباح والوحدات المساعدة (LE)	2.5	15
5- ساعات التشغيل (hr/yr)	4000	4000
6- سعر استهلاك الكهرباء (LE/kwh)	0.15	0.15
7- عدد المصابيح الفلورسنت والوحدات المساعدة		عدد المصابيح المتوهجة × (شدة اضاءة المصابيح المتوهجة ÷ شدة إضاءة المصابيح الفلورسنت) $= 100 \times \frac{3450}{2500} = 138$
8- إستهلاك الكهرباء خلال ساعات التشغيل	القدرة × عدد المصابيح × ساعات التشغيل × تكلفة الاستهلاك $0.200 \times 100 \times 4000 \times 0.15$ $= LE\ 12000\ /\ yr$	القدرة × عدد المصابيح × ساعات التشغيل × تكلفة الاستهلاك $0.044 \times 138 \times 4000 \times 0.15$ $= LE\ 3643\ /\ yr$
9- سعر المصابيح والوحدات المساعدة	$100 \times 2.5 = LE\ 250$	$138 \times 15 = LE\ 2070$
10- إجمالى سعر المصابيح واستهلاك الكهرباء	$12000 + 250 = LE\ 12250$	$3643 + 2070 = LE\ 5713$
11- المدخر	$12250 - 5713 = LE\ 6537$	
12- فترة الاسترداد	$\frac{2070}{6537} = 0.3\ yr \cong 4\ month$	

مثال (13-8)

إستبدال كابح التيار التقليدى بآخر إلكترونى لمصباح فلورسنت قدره 36w

عناصر المقارنة	كابح تيار تقليدى	كابح تيار الكترونى
1- القدرة المسحوبة للمصباح والكابح (watt)	44	35 w
2- سعر كابح التيار (LE)	11 / Lamp	65 / 2Lamp
3- ساعات التشغيل (hr/yr)	4000	4000
4- تكلفة استهلاك الكهرباء (LE/kwh)	0.15	0.15
5- إستهلاك الكهرباء خلال 4000hr/yr	القدرة × عدد المصابيح × ساعات التشغيل × استهلاك الكهرباء $= 0.044 \times 2 \times 4000 \times 0.15$ = LE 52.8 / yr	القدرة × عدد المصابيح × ساعات التشغيل × استهلاك الكهرباء $= 0.035 \times 2 \times 4000 \times 0.15$ = LE 42.0 / yr
6- المدخر السنوى	LE 52.8 / yr - LE 42.0 / yr = LE 10.8 / yr / Lamp	
7- فترة الاسترداد	سعر كابح التيار الالكترونى ÷ المدخر السنوى $= \frac{65}{10.8} = 6\ yr$	

أى يمكن استرداد فرق تكلفة الكابح الالكترونى خلال 6 سنوات وهى فترة طويلة نسبياً.

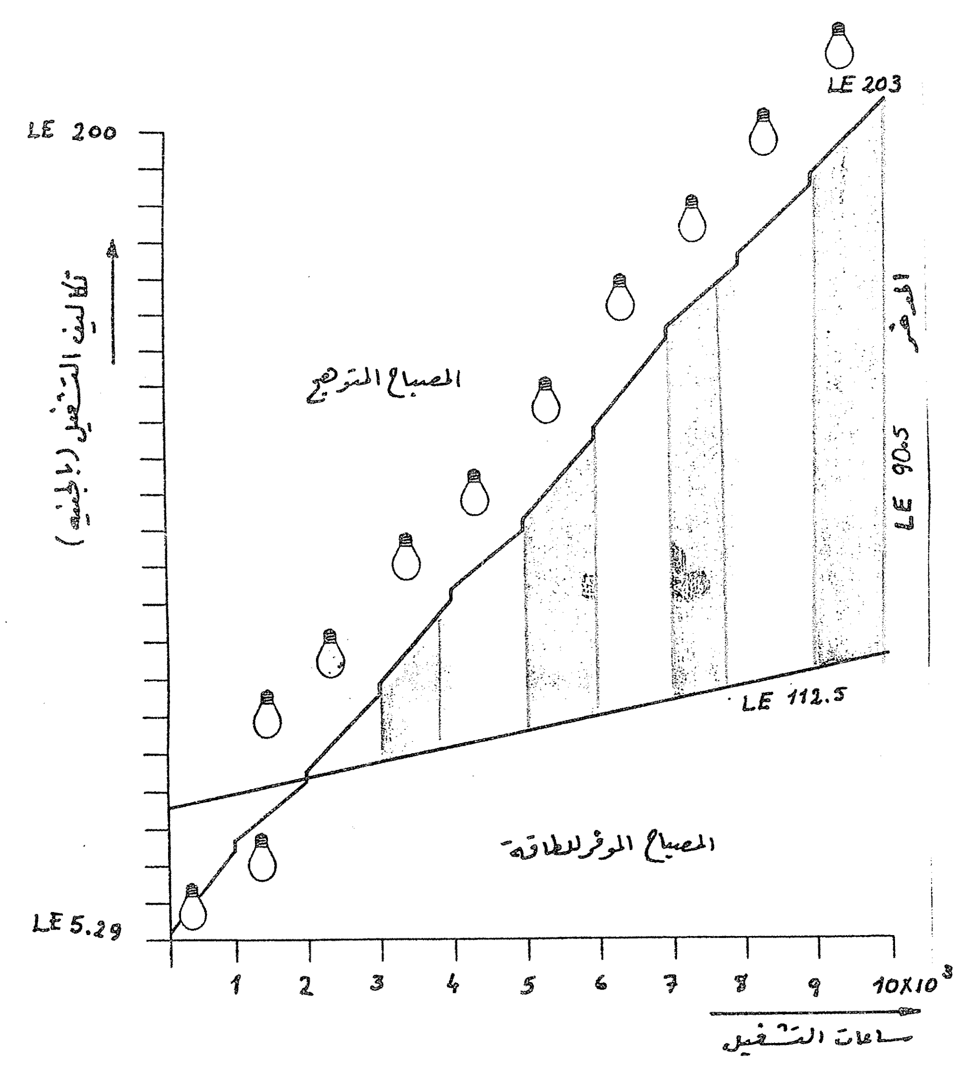
مثال *(13-9)*

إستبدال مصابيح عادية بمصابيح فلورسنت مدمجة

عناصر المقارنة	مصباح عادى متوهج	مصباح فلورسنت مدمج
1- القدرة المسحوبة *(watt)*	75	15
2- ساعات التشغيل *(hr)*	10000	10000
3- العمر الافتراضى للمصباح *(hr)*	1000	10000
4- تكلفة استهلاك الكهرباء *(LE/kwh)*	LE 0.2 / kwh	LE 0.2 / kwh
5- الطاقة المستهلكة *(kwh)*	$75 \times 10^{-3} \times 10000 =$ 750 kwh	$15 \times 10^{-3} \times 10000 =$ 150 kwh
6- تكلفة استهلاك الكهرباء *(LE)*	750 x 0.2 =150	150 x 0.2 = 30
7- سعر المصباح *(LE)*	5.3	82.5
8- التكلفة الكلية *LE*	(10 x 5.3) + 150 = 203	82.5 + 30 = 112.5
9- المدخر	203 - 112.5 = LE 90.5	

يمكن رسم العلاقة بين ساعات التشغيل والتكلفة الكلية لكل من المصباح المتوهج ومصباح الفلورسنت الموفر للطاقة كما فى شكل *(13-2)*

يمكن الإستفادة والإسترشاد بجدول رقم *(13-3)* عند استبدال المصابيح المتوهجة العادية أو مصابيح الضوء المخلوط أو مصابيح بخار الزئبق بأخرى من الفلورسنت أو الصوديوم عالى الضغط أو الصوديم منخفض الضغط. حيث يوضح الجدول القدرة المدخرة عند الإستبدال (مضافاً اليها الفقد فى كابح التيار) وكذلك النسبة بين المصابيح الموجودة الى المصابيح البديلة (الجديدة) بالإضافة الى توضيح نسبة لومن المخرج للمصباح . والمقننات الفنية للمصابيح المستخدمة بجدول *(13-3)* ملخصة فى جدول *(13-4)* .



شكل (١٣-٨) العلاقة بين ساعات التشغيل وتكاليف التشغيل للمثال رقم (١٣-٩)

جدول *(3-13)* جدول استرشادى للمصابيح البديلة

نوع المصباح الحالى وقدرته		نوع المصباح البديل وقدرته		نسبة المصباح	المدخر من القدرة (watt)	مخرج اللومن٪ (Lm%)
المصباح المتوهج	40 w	صوديوم عالى الضغط	9 w	1 : 1	27	96
	60 w	صوديوم عالى الضغط	13 w	1 : 1	43	96
	60 w	فلورسنت	36 w	3 : 1	136	119
	75 w	فلورسنت	18 w	1 : 1	52	96
	75 w	فلورسنت	36 w	3 : 1	181	90
	100 w	فلورسنت	24 w	1 : 1	71	103
	100 w	فلورسنت	36 w	2 : 1	156	96
	100 w	صوديوم عالى الضغط	70 w	4 : 1	315	96
	150 w	صوديوم عالى الضغط	70 w	3 : 1	365	81
	150 w	صوديوم منخفض الضغط	35 w	2 : 1	257	98
	150 w	صوديوم منخفض الضغط	90 w	5 : 1	644	110
	200 w	صوديوم عالى الضغط	70 w	2 : 1	315	87
	200 w	صوديوم منخفض الضغط	35 w	1 : 1	157	136
	200 w	صوديوم منخفض الضغط	90 w	4 : 1	694	98
مصباح الضوء المخلوط	160 w	فلورسنت	36 w	1 : 1	116	97
	160 w	صوديوم عالى الضغط	70 w	2 : 1	235	97
	160 w	صوديوم عالى الضغط	150 w	4 : 1	465	109
	160 w	صوديوم منخفض الضغط	35 w	1 : 1	117	154
	160 w	صوديوم منخفض الضغط	90 w	4 : 1	534	109
	250 w	فلورسنت	36 w	1 : 2	162	109
	250 w	صوديوم عالى الضغط	150 w	2 : 1	325	123
	250 w	صوديوم عالى الضغط	250 w	4 : 1	713	114
	250 w	صوديوم منخفض الضغط	35 w	1 : 1	207	87
	250 w	صوديوم منخفض الضغط	90 w	2 : 1	394	123
مصباح بخار الزئبق	125 w	فلورسنت	36 w	1 : 2	56	102
	125 w	صوديوم عالى الضغط	150 w	2 : 1	125	114
	125 w	صوديوم منخفض الضغط	90 w	2 : 1	194	114
	250 w	صوديوم عالى الضغط	150 w	1 : 1	325	115
	250 w	صوديوم عالى الضغط	250 w	2 : 1	288	106
	250 w	صوديوم منخفض الضغط	90 w	1 : 1	182	115
	250 w	صوديوم منخفض الضغط	135 w	2 : 1	418	96
	400 w	صوديوم عالى الضغط	250 w	1 : 1	162	119
	400 w	صوديوم عالى الضغط	400 w	2 : 1	450	112
	400 w	صوديوم منخفض الضغط	135 w	1 : 1	292	107

نسبة المصباح = عدد المصابيح الموجودة ÷ عدد المصابيح البديلة .

جدول (13-4) أنواع المصابيح ومقنناتها الفنية .

النــوع	قدرة المصباح (Watt)	قدرة النظام (Watt)	شدة الضوء (Lm)	الكفاءة (Lm/W)
المصابيح المتوهجة	100	100	1,560	16
	150	150	2,460	16
	200	200	3,450	17
مصابيح الضوء المخلوط	160	160	3,100	19
	250	250	5,500	22
مصابيح بخار الزئبق	125	125	5,900	39
	250	288	11,750	41
	400	450	21,000	47
مصابيح الفلورسنت (بكابح تقليدى)	40	48	3,200	67
	36	44	3,000	68
مصابيح الفلورسنت (بكابح الكترونى)	40	38	3,200	84
	36	35	3,000	86
مصابيح فلورسنت مدمجة	7	11	400	36
	9	13	600	46
	11	15	900	60
	13	17	900	53
	18	23	1200	52
مصابيح الهاليد المعدنى	250	388	17,500	61
	400	450	27,600	61
مصابيح الصوديوم عالى الضغط	70	85	6,000	70
	150	175	13,500	77
	250	288	25,000	87
	400	450	47,000	104
مصابيح الصوديوم منخفض الضغط	35	43	4,800	112
	90	106	13,500	127
	135	158	22,500	142

معجم الكلمات المستخدمة

(A)

* Absorption Factor	عامل الامتصاص
* Amplifier bridge	قنطرة تكبير
* Angle of viewing	زاوية المنظر
* Angstrom	وحدة انجستروم
* Anode voltage	جهد الأنود
* Argent lamp	المصباح الفضى
* Argon	الارجون (غاز)
* Astable multivibrator	متذبذب عدم الاستقرار
* Automatic operation	تشغيل آلى
* Auto - transformer	محول ذاتى

(B)

* Ballast	كابح التيار
* Ballast efficiency factor	عامل كفاءة الكابح
* Ballast factor	عامل الكابح
* Base current	تيار القاعدة (للترانزستور)
* Bayonet type	القاعدة من النوع ذى المسمارين (للمصباح)
* Bias voltage	جهد الحياز
* Blended - light lamps	مصابيح الضوء المخلوط
* Blocking	منع
* Bridge rectifier	قنطرة توحيد
* Burning hours	ساعات الاحتراق

(C)

* *Candle*	الشمعة
* *Candle power*	قدرة الشمعة
* *Capital cost*	التكاليف الثابتة
* *Catenary*	(ترتيب الاضاءة على شكل سلسلة) منحنى السلسلة
* *Centrally suspended*	تعليق مركزى
* *Chopping rate*	معدل مشطور
* *Chroma*	اللونية
* *Chromaticity diagram*	الرسم البيانى اللونى
* *Clipped*	قص الجهد
* *Coefficient*	معامل
* *Colour charts*	جدول الالوان
* *Colour rending Index*	دليل أمانة نقل الألوان
* *Colour temperature*	درجة الحرارة اللونية
* *Colour triangle*	مثلث اللون
* *Complete radiator*	المشع الكامل
* *Conducting*	حالة توصيل
* *Constant - current transformer*	محول تيار ثابت
* *Control winding*	ملف التحكم
* *Cooling load factor*	عامل حمل التبريد
* *Cost of lighting*	تكاليف الإضاءة
* *Current control*	التحكم فى التيار
* *Current limiting choke*	ملف خانق التيار
* *Cut-off type fitting*	كشاف من نوع قطع الضوء

(D)

* Day-light factor	عامل ضوء النهار
* Depreciation factor	عامل الاستهلاك
* Diffuse reflection	الانعكاس المنشورى (الانتشارى)
* Dimmer	خافض شدة الإضاءة
* Direct light-distribution	توزيع ضوء مباشر
* Direct-lighting	إضاءة مباشرة
* Discharge	التفريغ
* Disturbing	مزعج (تشويش)

(E)

* Economic Burning period	دورة الاحتراق الاقتصادية
* Effective luminous flux	الفيض الضوئى الفعال
* Electrodeless lamps	مصابيح بدون اقطاب
* Electronic ballasts	كابحات التيار الالكترونية
* Emitter	باعث
* Eye sensitivity curve	منحنى حساسية العين

(F)

* Fair	مقبول
* Firing angle	زاوية اشعال
* Firing circuit	دائرة اشعال
* Firing point	نقطة الاشعال
* Fittings	طرق التركيبات
* Flasher circuit	دائرة الوميض
* Flicker	أرتعاش

* *Flood lighting*	الإضاءة الغامرة
* *Fluorescent*	فلورسنت (فلور)
* *Fluorescent mercury lamps*	مصابيح الزئبق الفلورسنتية
* *Foot-lambert*	قدم – لامبرت

(G)

* *Gas discharge*	التفريغ فى الغاز
* *Glare*	البهر

(H)

* *Harmonics*	توافقيات
* *Harmonic spectrum*	التوافقية المنفصلة
* *Heavy soiling*	أتساخ كثيف
* *"Hefner" candle*	شمعة "هفنر"
* *High pressure mercury vapour lamps*	مصابيح بخار الزئبق عالى الضغط
* *High pressure sodium lamps*	مصابيح الصوديوم عالى الضغط
* *Hourly operating cost*	تكاليف التشغيل / ساعة

(I)

* *Igniter*	بادئ التشغيل
* *Illuminous output*	مخرج الإضاءة
* *Inadequate*	غير ملائم
* *Incandescent lamps*	المصابيح المتوهجة
* *Indirect light distribution*	توزيع ضوء غير مباشر
* *Indirect lighting*	إضاءة غير مباشر
* *Induction lamps*	مصابيح الحث الكهربى
* *Infra-red radiation*	الاشعاع دون الحمراء

* *Instant-start*	البداية اللحظية
* *Insulation test*	اختبار العزل
* *Integrated circuits*	دوائر متكاملة
* *International Candle*	وحدة الشمعة الدولية
* *International Commission Illumination*	اللجنة الدولية للإضاءة

(L)

* *Leakage-reactance transformer*	محول ممانعة التسريب
* *Lense*	عدسة
* *Level of illumination*	مستوى شدة الإضاءة
* *Light*	الضوء
* *Light distribution curve*	منحنى توزيع الضوء
* *Light meter*	مقياس الضوء
* *Lumen*	اللومن (وحدة الفيض الضوئى)
* *Luminaire*	ملحقات الإضاءة
* *Luminance*	النصوع
* *Luminance yield factor*	عامل خضوع النصوع
* *Luminous efficiency*	الكفاءة الضوئية
* *Luminous flux*	الفيض الضوئى
* *Luminous intensity*	شدة الاستضاءة

(M)

* *Magnetic amplifier*	مكبر مغناطيسى
* *Mainly direct light distribution*	توزيع ضوء مباشر عالى لحد ما (توزيع ضوء شبه مباشر)
* *Mainly indirect light distribution*	توزيع ضوء غير مباشر عالى لحد ما

(توزيع ضوء شبه غير مباشر)

* *Maintenance factor*	عامل الصيانة
* *Manual operation*	تشغيل يدوى
* *Maximum rated junction temperature*	اقصى معدل درجة حرارة الوصلة
* *Mean life*	متوسط العمر
* *Mean spherical candle-power*	متوسط قدرة شمعة الكرة
* *Mercury Iodide lamps*	مصابيح الزئبق واليود
* *Metal halide lamps*	مصابيح الهاليد المعدنى
* *Micron*	ميكرون -(جزء من الف من المليمتر)
* *Milli-lambert*	مللى لامبرت
* *Millimicron*	مللى ميكرون
* *Mirror reflectors*	عاكسات مرآوية
* *Mixed lighting*	الإضاءة المخلوطة
* *Monochromatic*	احادى اللون
* *"Morgan" circuit*	دائرة "مورجان"
* *Motorways and dual-carriage ways*	الطرق المزدوجة لمرور سيارات النقل
* *Multiple circuit*	متعدد الدوائر (المتوازية)
* *Multiple system*	نظام متضاعف
* *"Munsell" system*	نظام «منـــل»

(N)

* *Natural reflection*	إنعكاس طبيعى
* *Negative resistance*	المقاومات السالبة
* *Neon*	نيون
* *Non-cut-off type fitting*	كشافات من نوع عدم قطع الضوء

* *Normal soiling*	اتساخ عادى

(O)

* *Operation cost*	تكاليف التشغيل
* *Opposed*	مقابلة
* *Optical efficiency of lighting fitting*	الكفاءة البصرية لتركيبات الاضاءة
* *Oscillator circuit*	دائرة مذبذب

(P)

* *Pay back period*	فترة الاسترداد
* *Phase angle control*	التحكم فى زاوية الوجه
* *Photoelectric cells or phorocells*	خلايا كهروضوئية
* *Photometer bench*	منضدة الفوتومتر
* *Photometer head*	رأس الفوتومتر
* *Photometric*	فوتومترى
* *"Planckian" radiator*	مشع "بلانك"
* *Polar luminous intensity diagram*	منحنى توزيع شدة الاستضاءة
* *Power factor*	معامل القدرة
* *Power factor capacitor*	مكثف تحسين معامل القدرة
* *Prismatic glass*	الزجاج المنشورى
* *Prisms and optical gratings*	الاغطية البصرية والمنشورية

(Q)

* *Quality of road lighting*	صفات اضاءة الطريق
* *Quantities and units*	الكميات والوحدات
* *Quantity of light*	كمية الضوء
* *Quick-start*	البداية السريعة

(R)

* Radio interference suppression	اخماد التدخل اللاسلكى
* Rectifier	موحد
* Reflection angle	زاوية الانعكاس
* Reflection factor	عامل الانعكاس
* Reflector lamps	مصابيح عاكسة
* Regular reflection	انعكاس منتظم
* Return an investment	استرجاع الاستثمار
* Road lighting	اضاءة الطرق
* Road side	جانب الطريق
* Room index	دليل الحجرة
* Room ratio	نسبة الحجرة
* Room utilization factor	عامل انتفاع الحجرة

(S)

* Satisfactory	كاف ـ مقنع
* Scattered reflection	انعكاس انتشارى
* Screw type	النوع اللولبى
* Selection of lamps	اختيار المصابيح
* Selective reflection	الانعكاس المختار
* Self-illuminating bodies	الاجسام المضاءة ذاتياً
* Semiconductor photo elements	عناصر ضوئية شبه موصلة
* Series circuit	دائرة توالى
* Series system	نظام التوالى
* Single phase bridge	قنطرة احادية الوجه

* Slight soiling	اتساخ طفيف
* Smoothing circuit	دائرة تنعيم
* Sodium lamps	مصابيح الصوديوم
* Solid angle	الزاوية المجسمة او الفراغية
* Spatial distribution of light	التوزيع المكاني للضوء
* Spectral distribution	التوزيع الطيفى
* Specular reflection	انعكاس مرآوى
* Sphare photometer	الفوتومتر الكروى
* Startless fluorescent lamps	مصابيح الفلورسنت بدون بادئ تشغيل
* Steradian	ستردیان (زاوية نصف قطرية مجسمة)
* Switch	مفتاح

(T)

* Temperature coefficient	معامل درجة الحرارة
* Thyristor	الثيريزتور
* Time constant	ثابت الزمن
* Time of exposure	تعرض زمنى
* Troide regulation transformer	محول تنظيم حلقى
* Total annual cost	التكاليف الكلية السنوية
* Total harmonic distortion	التشوه الكلى بالتوافقيات
* Transformer and current limiting	محول ومحدد التيار
* Transmission factor	عامل النفاذ
* Transmittance factor	عامل النفاذ
* Trigger rate	معدل الاطلاق
* Two-way traffic roads	طرق المرور فى اتجاهين

(U)

* Unbearable	لا يُحتمل - لا يُطاق
* Uniform chromaticity scale	التدرج اللونى المنتظم
* Uniform labor rates	معدلات انتظام العمل
* Uniformity factor	عامل الانتظام
* Unijunction transistor	ترانزستور احادى الوصلة
* Unnoticeable	غير لافت للنظر
* Utilization factor	عامل الانتفاع

(V)

* Visible radiation	الاشعاع المرئى
* Visual task	الهدف الابصارى
* Voltage control	التحكم فى الجهد

(W)

* Warm white-deluxe	لون ابيض دى لوكس دافئ
* Watt	وات (وحدة القدرة)
* White-deluxe	لون ابيض سوبر (ديلوكس)
* White silica coating lamps	المصابيح المغلفة بالسيلكا البيضاء

(Z)

* Zener diode	زينر ديود
* Zero resistance	المقاومة الصفرية

References

1- SIEMENS
Electrical Engineering Handbook
1965
John Wiley & Sons Limited

2- A Text - Book of
Electrical Technology
B.L. Theraja

3- AEG Manual
Eighth edition
Allgemeine Elektricitats - Gesells Chaft
Distribution C. Bertelsrnann Verlog, Gütersloh

4- Sillcon Controlled rectifer manual
Application Engineering Center
General Electric
New York

5- Electrical Measurements and Measuring Instruments
E.W Golding , F.C. Widdis
Fifth edition
The English Language book society and Pitman Publishing

6- Electricity Utility engineering reference book, Distribution systems
Westinghouse Elechic corporation .

7- Standard Handbook for
Electrical Engineers
ARCHER E. KNOWLTON
International student edition

8- *High Efficiency Lighting*

Energy Conservation and efficiency project

Revised and published by :

Development Research and Technological planning center

Tobbin Institute for Metallurgical studies .

Federation of Egyptian Industries

August 1990

9- *Lighting Manual*

Philips

First edition, 1974

10- *Philips Lighting*

Compact Lighting catalogue 1993/94

11- *Electronics In Industry*

George M. Chute

Robert D. Chute

Fifth Edition

12- *Digital Principles and Applications*

Albert P. Malvino

Donald p. Leach

TMH Edition

13- *Electrical Installation and workshop Technology volume 2*

F.G. Thompson

Fourth Edition

14- *Fundamentals of Electrical Engineering and Electronics*

B.L. Theraja

15- *Applied Electronics Instrumentation and Measurment*

Maxwell Macmillan international Editions

David Buchla

Wayne Mc Lachlan

16- Basic Electrical Engineering and Electronics

D.K. Sharma

17- Electrical Installation Technology

Volume 3

F.G. Thompson

Third Edition

18- Middle East Electricity

Volume 19 Number 3 Augest 1995

– مقالات د. مهندس بسيوني البرادعي

مدير هيئة كهرباء مصر للقوى العاملة والتدريب

«التسلسل الزمني لتطور تكنولوچيا صناعة الكهرباء في العالم»

مجلة الكهرباء والطاقة .

الفهرس

للمؤلفة :

١- المكثفات وتحسين معامل القدرة

٢- المحولات الكهربائية - الجزء الأول

٣- المحولات الكهربائية - الجزء الثانى

٤- الوقاية فى الشبكات الكهربائية - الجزء الأول

٥- التوافقيات فى الشبكات الكهربائية

٦- جودة التغذية الكهربائية

٧- الأضاءة وتوفير الطاقة

٨- الوقاية فى الشبكات الكهربائية - الجزء الثانى

٩- إدارة طلب الطاقة وفرص ترشيد استخدام الطاقة فى المنشآت الصناعية والتجارية - الجزء الأول

رقم الإيداع بدار الكتب القومية
٣٠٦٨ / ٩٦
I.S.B.N. 977-5322-02-2
فى ٨ / ٢ / ١٩٩٦

دار الجامعيين للطباعة
٣٧ ش السلطان عبد العزيز ـ الأزاريطة
ت : ٤٨٢٢٠٠٤